



TUGAS AKHIR – RC14-1501

PERENCANAAN GERBANG TOL PASURUAN - PROBOLINGGO

PANDU HERMAWAN
NRP 3113 100 009

Dosen Pembimbing I
Cahya Buana, ST., MT
NIP. 197209272006041001

Dosen Pembimbing II
Ir. Hera Widyastuti, MT., PhD
NIP. 196008281987012001

DEPARTEMEN TEKNIK SIPIL
Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan
Institut Teknologi Sepuluh Nopember



TUGAS AKHIR – RC14-1501

PERENCANAAN GERBANG TOL PASURUAN - PROBOLINGGO

PANDU HERMAWAN
NRP 3113 100 009

Dosen Pembimbing I
Cahya Buana, ST., MT
NIP. 197209272006041001

Dosen Pembimbing II
Ir. Hera Widyastuti, MT., PhD
NIP. 196008281987012001

DEPARTEMEN TEKNIK SIPIL
Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan
Institut Teknologi Sepuluh Nopember



FINAL PROJECT – RC14-1501

PLANNING OF PASURUAN - PROBOLINGGO TOLL GATE

PANDU HERMAWAN
NRP 3113 100 009

Supervisor I
Cahya Buana, ST., MT
NIP. 197209272006041001

Supervisor II
Ir. Hera Widyastuti, MT., PhD
NIP. 196008281987012001

DEPARTMENT OF CIVIL ENGINEERING
Faculty of Civil Engineering and Planning
Institut Teknologi Sepuluh Nopember

PERENCANAAN GERBANG TOL PASURUAN - PROBOLINGGO

TUGAS AKHIR

**Diajukan Untuk Memenuhi Salah Satu Syarat
Memperoleh Gelar Sarjana Teknik**

Pada

**Program Studi S-1 Reguler Teknik Sipil
Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan
Institut Teknologi Sepuluh Nopember**

Oleh :

PANDU HERMAWAN

Nrp. 3113 100 009

Disetujui oleh Pembimbing Tugas Akhir :

1. Cahya Buana, ST., MT

2. Ir. Hera Widyastuti, MT., Ph.D



SURABAYA, JULI 2017

(Halaman Ini Sengaja dikosongkan)

PERENCANAAN GERBANG TOL PASURUAN – PROBOLINGGO

Nama : Pandu Hermawan
NRP : 3113100009
Jurusan : Teknik Sipil
Dosen Pembimbing : Cahya Buana, ST.,MT
Ir. Hera Widyastuti, MT.,PhD

ABSTRAK

Jalan tol adalah suatu jalan bebas hambatan yang dikhususkan untuk kendaraan roda 4 atau lebih yang kepada pemakainya dikenakan kewajiban membayar tarif tol sesuai dengan jarak yang ditempuh. Namun pada suatu sistem jaringan jalan tol, sering terjadi kemacetan dan antrian panjang yang melebihi batas maksimum antrian yang ditentukan. Hal tersebut bisa disebabkan antara lain karena rendahnya tingkat pelayanan gerbang tol, kurangnya jumlah gerbang tol, ataupun dari konfigurasi gerbang tol yang tidak optimum, sehingga dibutuhkannya perencanaan gerbang tol yang optimal.

Perencanaan gerbang tol ini menggunakan metode Multi Channel Single Phase sebagai struktur dasar proses antrian dan menggunakan disiplin antrian First In First Out (FIFO). Untuk perencanaan gerbang tol mempertimbangkan gardu tol dengan sistem pembayaran konvensional, gerbang tol otomatis, dan on board unit. Perencanaan gerbang tol Pasuruan - Probolinggo merencanakan gerbang tol untuk tahun 2017, 2032, dan 2047. Perencanaan ini diharapkan mendapatkan jumlah gerbang tol yang optimum dari segi jumlah dan panjang antrian.

Hasil dari perencanaan gerbang tol Pasuruan - Probolinggo pada tahun 2017 untuk gardu tol konvensional gerbang Grati arah masuk dan keluar terdapat 2 gardu. Gerbang Tongas arah masuk dan keluar 2 gardu. Gerbang Probolinggo Barat arah masuk dan keluar 2 gardu. Gerbang Probolinggo Timur arah masuk 1 gardu, keluar 3 gardu. Sedangkan untuk gardu tol

otomatis pada semua gerbang hanya terdapat 1 gardu . Pada tahun 2032 direncanakan gerbang tol menggunakan gardu tol otomatis dan on board unit yang digabung menjadi 1 gardu. Pada semua gerbang tol arah masuk dan keluar terdapat 3 gardu. Pada tahun 2047 direncanakan 2 jenis gardu tol yaitu gardu tol otomatis (GTO) dan on board unit (OBU). Pada semua gerbang tol arah masuk terdapat 4 GTO dan 2 OBU, sedangkan arah keluar terdapat 5 GTO dan 2 OBU.

Kata kunci: Perencanaan Gerbang Tol, Gerbang Tol Pasuruan – Probolinggo

PLANNING OF PASURUAN - PROBOLINGGO TOLL GATE

Name : Pandu Hermawan
NRP : 3113100009
Department : Teknik Sipil
Supervisors : Cahya Buana, ST.,MT
Ir. Hera Widyastuti, MT.,PhD

ABSTRACT

Highway is a freeway specialized for 4 or more wheeled vehicles which to the driver must pay the toll according to the distance traveled. But on a highway sytem, on the toll gate there are frequent congestion and long queues that exceed the maximum queue limit. This may be cause due to the low level of toll gate services, the lack of toll gates, or the toll gate configurations are not optimal, based on that case it requiring the optimal toll gate planning.

This toll gate planning uses Multi Channel Single Phase method as the basic structure of the queue process and uses the First In First Out (FIFO) queue discipline. Fot toll booths planning consider the toll booths with conventional payment systems, automatic toll gates, and on board units. The planning of Pasuruan - Probolinggo toll gate will plan the toll gates for year 2017, 2032, and 2047. This planning is expected to get the optimum number of toll booths in quantity and length of queue.

The result of planning Pasuruan - Probolinggo toll gate in 2017 of Grati Gate, Tongas gate and Probolinggo Barat gate for entrance and exit there are 2 conventional toll booths and 1 automatic toll booths and on board units. Probolinggo Timur gate for entrance there is 1 conventional toll booths and 1 automatic toll booths and on board units, and for exit there are 3 conventional toll booths and 1 automatic toll booths and on board units. In 2032, toll gates are planned to use automatic toll booths and on board units combined into one booth. At all toll

gates for entrance and exit there are 3 automatic toll booths and on board units. In 2047, there are 2 types of toll booths, automatic toll booth and on board unit. At all entrance toll gates there are 4 automatic toll booths and 2 on board units, while the exit toll gates are 5 automatic toll booths and 2 on board units.

Kata kunci: Toll Gate Planning, Pasuruan – Probolinggo Toll Gate

KATA PENGANTAR

Puji syukur ke hadirat Allah SWT atas rahmat dan nikmat yang telah diberikan sehingga penulis dapat menyelesaikan Tugas Akhir dengan judul “Perencanaan Gerbang Tol Pasuruan - Probolinggo” dengan lancar.

Penulis mengucapkan terima kasih kepada pihak-pihak yang telah mendukung dan membantu dalam penyusunan Proposal Tugas Akhir :

1. Orang tua dan keluarga yang selalu mendukung dan mendoakan dalam penyusunan tugas akhir ini.
2. Bapak Cahya Buana, ST., MT dan Ibu Ir. Hera Widyastuti, M.T., Ph.D. selaku dosen pembimbing, atas bimbingan dan pengarahan yang telah diberikan.
3. Teman-teman teknik sipil ITS dan semua pihak yang terlibat dalam pembuatan tugas akhir ini.

Penulis memohon maaf apabila terdapat kesalahan dalam penyusunan Tugas Akhir ini. Untuk itu, kritik dan saran sangat diharapkan. Semoga Tugas Akhir ini dapat berguna, bermanfaat serta menambah wawasan dan pengetahuan.

Surabaya, Juli 2017

Penulis

(Halaman ini sengaja dikosongkan)

DAFTAR ISI

LEMBAR PENGESAHAN.....	i
ABSTRAK.....	iii
ABSTRACT.....	v
KATA PENGANTAR.....	vii
DAFTAR ISI.....	ix
DAFTAR TABEL.....	xiii
DAFTAR GAMBAR.....	xix
BAB I PENDAHULUAN.....	1
1.1. Latar Belakang.....	1
1.2. Rumusan Masalah.....	2
1.3. Tujuan.....	2
1.4. Manfaat.....	2
1.5. Batasan Masalah.....	3
1.6. Lokasi Studi.....	3
BAB II TINJAUAN PUSTAKA.....	5
2.1. Umum.....	5
2.2. Definisi.....	5
2.3. Tujuan.....	5
2.4. Jenis Kendaraan.....	6

2.5. Perencanaan Gerbang Tol.....	6
2.5.1. Kriteria Umum.....	6
2.5.2. Gardu Tol.....	7
2.5.3. Sistem Pembayaran pada Gerbang Tol.....	8
2.6. Teori Antrian.....	10
2.6.1. Komponen Proses Antrian.....	11
2.6.2. Disiplin Antrian.....	15
2.6.3. Tingkat Pelayanan.....	18
BAB III METODOLOGI.....	21
3.1. Umum.....	21
3.2. Uraian Kegiatan.....	21
3.3. Lokasi dan Waktu Penelitian.....	23
3.3.1. Lokasi Penelitian.....	23
3.3.2. Waktu Penelitian.....	24
3.4. Bagan Alir.....	25
BAB IV PENGUMPULAN DATA.....	27
4.1. Umum.....	27
4.2. Data Sekunder.....	27
4.2.1. Volume Lalu Lintas Jalan Tol Rencana.....	27
4.2.2. Pertumbuhan Ekonomi Jawa Timur.....	28

4.3. Data Primer.....	29
4.3.1. Volume Lalu Lintas Jalan Eksisting.....	29
4.3.2. Waktu Pelayanan.....	46
BAB V ANALISIS DAN PEMBAHASAN.....	51
5.1. Matriks Asal Tujuan.....	51
5.2. Analisis Tingkat Kedatangan.....	58
5.3. Analisis Waktu Pelayanan.....	66
5.4. Analisis Intensitas Lalu Lintas.....	76
5.4.1. Analisis Intensitas Gerbang I.....	76
5.4.2. Analisis Intensitas Gerbang II.....	79
5.4.3. Analisis Intensitas Gerbang III.....	81
5.4.4. Analisis Intensitas Gerbang IV.....	84
5.5. Analisis Antrian Gerbang Tol.....	86
5.5.1. Analisis Antrian Gerbang I.....	86
5.5.2. Analisis Antrian Gerbang II.....	89
5.5.3. Analisis Antrian Gerbang III.....	92
5.5.4. Analisis Antrian Gerbang IV.....	95
5.6. Perencanaan Gerbang Tol Tahun 2032.....	98
5.6.1. Analisis Tingkat Kedatangan.....	104
5.6.2. Analisis Intensitas Lalu Lintas Tahun 2032.....	106

5.6.3. Analisis Antrian Gerbang Tol.....	112
5.7. Perencanaan Gerbang Tol Tahun 2047.....	118
5.7.1. Analisis Tingkat Kedatangan.....	124
5.7.2. Analisis Intensitas Lalu Lintas Tahun 2047.....	126
5.7.3. Analisis Antrian Gerbang Tol.....	136
BAB VI KESIMPULAN.....	149
6.1. Kesimpulan.....	149
6.2. Saran.....	152
DAFTAR PUSTAKA.....	153
LAMPIRAN.....	155
BIODATA PENULIS.....	187

DAFTAR TABEL

Tabel 2. 1 Golongan Jenis Kendaraan.....	6
Tabel 4. 1 Volume Lalu Lintas Jalan Tol Rencana.....	27
Tabel 4. 2 Volume Lalu Lintas <i>weekend</i> Ruas Grati - Tongas Arah Timur.....	30
Tabel 4. 3 Volume Lalu Lintas <i>weekend</i> Ruas Grati - Tongas Arah Barat.....	31
Tabel 4. 4 Volume Lalu Lintas <i>weekend</i> Ruas Tongas - Probolinggo Barat Arah Timur.....	32
Tabel 4. 5 Volume Lalu Lintas <i>weekend</i> Ruas Tongas - Probolinggo Barat Arah Barat.....	33
Tabel 4. 6 Volume Lalu Lintas <i>weekend</i> Ruas Probolinggo Barat - Probolinggo Timur (Jalan Ring Road) Arah Timur.....	34
Tabel 4. 7 Volume Lalu Lintas <i>weekend</i> Ruas Probolinggo Barat - Probolinggo Timur (Jalan Ring Road) Arah Barat.....	35
Tabel 4. 8 Volume Lalu Lintas <i>weekend</i> Ruas Probolinggo Barat - Probolinggo Timur (Jalan Kota) Arah Timur.....	36
Tabel 4. 9 Volume Lalu Lintas <i>weekend</i> Ruas Probolinggo Barat - Probolinggo Timur (Jalan Kota) Arah Barat.....	37
Tabel 4. 10 Volume Lalu Lintas <i>weekday</i> Ruas Grati - Tongas Arah Timur.....	38
Tabel 4. 11 Volume Lalu Lintas <i>weekday</i> Ruas Grati - Tongas Arah Barat.....	39
Tabel 4. 12 Volume Lalu Lintas <i>weekday</i> Ruas Tongas - Probolinggo Barat Arah Timur.....	40

Tabel 4. 13 Volume Lalu Lintas <i>weekday</i> Ruas Tongas - Probolinggo Barat Arah Barat.....	41
Tabel 4. 14 Volume Lalu Lintas <i>weekday</i> Ruas Probolinggo Barat - Probolinggo Timur (Jalan Ring Road) Arah Timur.....	42
Tabel 4. 15 Volume Lalu Lintas <i>weekday</i> Ruas Probolinggo Barat - Probolinggo Timur (Jalan Ring Road) Arah Barat.....	43
Tabel 4. 16 Volume Lalu Lintas <i>weekday</i> Ruas Probolinggo Barat - Probolinggo Timur (Jalan Kota) Arah Timur.....	44
Tabel 4. 17 Volume Lalu Lintas <i>weekday</i> Ruas Probolinggo Barat - Probolinggo Timur (Jalan Kota) Arah Barat.....	45
Tabel 4. 18 Waktu Pelayanan Gardu Tol Konvensional.....	46
Tabel 4. 19 Waktu Pelayanan Gardu Tol Otomatis.....	48
Tabel 4. 20 Waktu Pelayanan Gardu Tol <i>on board unit</i>	50
Tabel 4. 21 Arus Jam Puncak <i>weekend</i>	53
Tabel 4. 22 Arus Jam Puncak <i>weekday</i>	53
Tabel 5. 1 Volume Lalu Lintas Jalan Tol Rencana tahun 2017...	55
Tabel 5. 2 Volume Lalu Lintas Jalan Tol Gempol - Pasuruan tahun 2017.....	55
Tabel 5. 3 Matriks Asal Tujuan Kendaraan Golongan I.....	56
Tabel 5. 4 Matriks Asal Tujuan Kendaraan Golongan II.....	56
Tabel 5. 5 Matriks Asal Tujuan Kendaraan Golongan III.....	57
Tabel 5. 6 Matriks Asal Tujuan Kendaraan Golongan IV.....	57

Tabel 5. 7 Matriks Asal Tujuan Kendaraan Golongan V.....	58
Tabel 5. 8 Matriks Asal Tujuan Arus Jam Puncak Kendaraan Golongan I.....	60
Tabel 5. 9 Matriks Asal Tujuan Arus Jam Puncak Kendaraan Golongan II.....	60
Tabel 5. 10 Matriks Asal Tujuan Arus Jam Puncak Kendaraan Golongan III.....	61
Tabel 5. 11 Matriks Asal Tujuan Arus Jam Puncak Kendaraan Golongan IV.....	61
Tabel 5. 12 Matriks Asal Tujuan Arus Jam Puncak Kendaraan Golongan V.....	62
Tabel 5. 13 Jumlah Kendaraan Masuk Tiap Gerbang.....	63
Tabel 5. 14 Jumlah Kendaraan Keluar Tiap Gerbang.....	63
Tabel 5. 15 Ekvivalen Kendaraan Ringan untuk Jalan Bebas Hambatan 4/2.....	64
Tabel 5. 16 Jumlah Kendaraan (emp) Masuk Tiap Gerbang.....	65
Tabel 5. 17 Jumlah Kendaraan (emp) Keluar Tiap Gerbang.....	65
Tabel 5. 18 Frekuensi Waktu Pelayanan Gardu Tol Konvensional	66
Tabel 5. 19 Frekuensi Waktu Pelayanan Gardu Tol Konvensional (2).....	68
Tabel 5. 20 Frekuensi Waktu Pelayanan Gardu Tol Otomatis....	70
Tabel 5. 21 Frekuensi Waktu Pelayanan Gardu Tol Otomatis (2)	72
Tabel 5. 22 Frekuensi Waktu Pelayanan Gardu Tol <i>on board unit</i>	74

Tabel 5. 23 Matriks Asal Tujuan Kendaaraan Golongan I Tahun 2032.....	99
Tabel 5. 24 Matriks Asal Tujuan Kendaaraan Golongan II Tahun 2032.....	99
Tabel 5. 25 Matriks Asal Tujuan Kendaaraan Golongan III Tahun 2032.....	100
Tabel 5. 26 Matriks Asal Tujuan Kendaaraan Golongan IV Tahun 2032.....	100
Tabel 5. 27 Matriks Asal Tujuan Kendaaraan Golongan V Tahun 2032.....	101
Tabel 5. 28 Matriks Asal Tujuan Arus Jam Puncak Kendaraan Golongan I Tahun 2032.....	101
Tabel 5. 29 Matriks Asal Tujuan Arus Jam Puncak Kendaraan Golongan II Tahun 2032.....	102
Tabel 5. 30 Matriks Asal Tujuan Arus Jam Puncak Kendaraan Golongan III Tahun 2032.....	102
Tabel 5. 31 Matriks Asal Tujuan Arus Jam Puncak Kendaraan Golongan IV Tahun 2032.....	103
Tabel 5. 32 Matriks Asal Tujuan Arus Jam Puncak Kendaraan Golongan V Tahun 2032.....	103
Tabel 5. 33 Jumlah Kendaraan Masuk Tiap Gerbang.....	104
Tabel 5. 34 Jumlah Kendaraan Keluar Tiap Gerbang.....	104
Tabel 5. 35 Jumlah Kendaraan Masuk Tiap Gerbang Setelah Dikalikan Faktor EKR.....	105

Tabel 5. 36 Jumlah Kendaraan Keluar Tiap Gerbang Setelah Dikalikan Faktor EKR.....	106
Tabel 5. 37 Matriks Asal Tujuan Kendaaraan Golongan I Tahun 2047.....	119
Tabel 5. 38 Matriks Asal Tujuan Kendaaraan Golongan II Tahun 2047.....	119
Tabel 5. 39 Matriks Asal Tujuan Kendaaraan Golongan III Tahun 2047.....	120
Tabel 5. 40 Matriks Asal Tujuan Kendaaraan Golongan IV Tahun 2047.....	120
Tabel 5. 41 Matriks Asal Tujuan Kendaaraan Golongan V Tahun 2047.....	121
Tabel 5. 42 Matriks Asal Tujuan Arus Jam Puncak Kendaraan Golongan I Tahun 2047.....	121
Tabel 5. 43 Matriks Asal Tujuan Arus Jam Puncak Kendaraan Golongan II Tahun 2047.....	122
Tabel 5. 44 Matriks Asal Tujuan Arus Jam Puncak Kendaraan Golongan III Tahun 2047.....	122
Tabel 5. 45 Matriks Asal Tujuan Arus Jam Puncak Kendaraan Golongan IV Tahun 2047.....	123
Tabel 5. 46 Matriks Asal Tujuan Arus Jam Puncak Kendaraan Golongan V Tahun 2047.....	123
Tabel 5. 47 Jumlah Kendaraan Masuk Tiap Gerbang.....	124
Tabel 5. 48 Jumlah Kendaraan Keluar Tiap Gerbang.....	124

Tabel 5. 49 Jumlah Kendaraan Masuk Tiap Gerbang Setelah Dikalikan Faktor EKR.....	125
--	-----

Tabel 5. 50 Jumlah Kendaraan Keluar Tiap Gerbang Setelah Dikalikan Faktor EKR.....	126
---	-----

DAFTAR GAMBAR

Gambar 1. 1 Jalan Tol Rencana Pasuruan - Probolinggo.....	3
Gambar 1. 2 Lokasi Gerbang Tol Pasuruan - Probolinggo.....	4
Gambar 2. 1 Sistem pembayaran pada GTO.....	9
Gambar 2. 2 Perangkat OBU.....	10
Gambar 2. 3 Proses Antrian.....	11
Gambar 2. 4 Single Channel, Single Phase.....	13
Gambar 2. 5 Single Channel, Multi Phase.....	14
Gambar 2. 6 Multi Channel, Single Phase.....	14
Gambar 2. 7 Multi Channel, Multi Phase.....	15
Gambar 2. 8 First In First Out.....	16
Gambar 2. 9 Last In First Out.....	17
Gambar 3. 1 Gerbang Tol Kapuk.....	24
Gambar 3. 2 Gerbang e toll pass Kapuk.....	24
Gambar 4. 1 Pertumbuhan Ekonomi dan Kontribusi Kabupaten/Kota dalam PDRB Jawa Timur Tahun 2015.....	28
Gambar 5. 1 Anggapan umum untuk perencanaan tipikal JBH4/2 dan JBH6/2 yang ideal.....	59
Gambar 5. 2 Grafik Frekuensi dan Waktu Pelayanan Gardu Tol Konvensional.....	67
Gambar 5. 3 Grafik Waktu Pelayanan Gardu Konvensional.....	68

Gambar 5. 4 Grafik Frekuensi dan Waktu Pelayanan Gardu Tol Otomatis.....	71
Gambar 5. 5 Grafik Waktu Pelayanan Gardu Tol Otomatis.....	72
Gambar 5. 6 Grafik Frekuensi dan Waktu Pelayanan Gardu Tol <i>on board unit</i>	74
Gambar 5. 7 Grafik Waktu Pelayanan Gardu Tol <i>on board unit</i>	75

BAB I

PENDAHULUAN

1.1. Latar Belakang

Jalan tol adalah jalan bebas hambatan yang dikhususkan untuk kendaraan roda 4 atau lebih. Pembuatan jalan tol bertujuan untuk mempersingkat waktu tempuh perjalanan dari suatu tempat ke tempat lain. Oleh sebab itu, sebagaimana fungsinya jalan tol harus menyediakan arus yang bebas hambatan agar tujuan jalan tol untuk mempersingkat waktu tempuh perjalanan tercapai.

Jalan tol juga merupakan salah satu alternatif yang digunakan untuk mengatasi kemacetan yang semakin meningkat di Indonesia. Proyek pembangunan jalan tol semakin ditingkatkan guna mengimbangi pergerakan masyarakat yang selalu mengalami perpindahan dari satu tempat ke tempat lain. Langkah nyata yang dilakukan pemerintah saat ini adalah dengan menjalankan program pembangunan tol Trans Jawa.

Jalan Tol Trans Jawa adalah jaringan jalan tol yang menghubungkan kota-kota di pulau Jawa. Jalan tol ini menghubungkan dua kota besar di Indonesia, yaitu Jakarta dan Surabaya melalui jalan tol. Tol trans Jawa sepanjang lebih kurang 1.000 kilometer tersebut melanjutkan jalan-jalan tol yang sekarang sudah ada.

Salah satu bagian dari program tol Trans Jawa adalah proyek pembangunan jalan tol Pasuruan – Probolinggo. Untuk mewujudkan pembangunan tol trans jawa, khususnya jalan tol Pasuruan – Probolinggo, dibutuhkan perencanaan yang matang serta efektif dan efisien.

Tugas akhir ini memiliki tujuan untuk membuat suatu desain perencanaan jalan tol, khususnya pada perencanaan gerbang tol. Jalan tol yang menjadi objek perencanaan adalah jalan tol Pasuruan – Probolinggo.

1.2. Rumusan Masalah

Masalah yang akan dibahas dalam tugas akhir ini adalah:

1. Berapa volume kendaraan rencana yang akan ditampung pada tiap gerbang jalan tol Pasuruan – Probolinggo pada tahun 2017, 2032, dan 2047?
2. Berapa jumlah gardu yang dibutuhkan pada tahun 2017 untuk menampung volume kendaraan rencana apabila gerbang tol direncanakan dengan sistem konvensional, otomatis, dan *on board unit*?
3. Berapa jumlah gardu yang dibutuhkan pada tahun 2032, dan 2047 untuk menampung volume kendaraan rencana apabila gerbang tol direncanakan dengan sistem gardu tol otomatis dan *on board unit* ?

1.3. Tujuan

Tujuan yang ingin dicapai dalam penyusunan tugas akhir ini adalah:

1. Mengetahui volume kendaraan rencana yang akan ditampung pada tiap gerbang tol Pasuruan – Probolinggo pada tahun 2017, 2032, dan 2047.
2. Mengetahui jumlah gardu yang dibutuhkan pada tiap gerbang tol Pasuruan – Probolinggo untuk dapat menampung volume kendaraan rencana apabila gerbang tol direncanakan dengan sistem konvensional, otomatis, dan *on board unit* pada tahun 2017.
3. Mengetahui jumlah gardu yang dibutuhkan pada gerbang tol Pasuruan – Probolinggo untuk dapat menampung volume kendaraan rencana apabila gerbang tol direncanakan dengan sistem gerbang tol otomatis, dan *on board unit* pada tahun 2032, dan 2047 .

1.4. Manfaat

Studi ini diharapkan bisa menjadi rujukan bagi pemerintah, mahasiswa, dan pihak lain dalam menentukan perencanaan gerbang tol yang optimal.

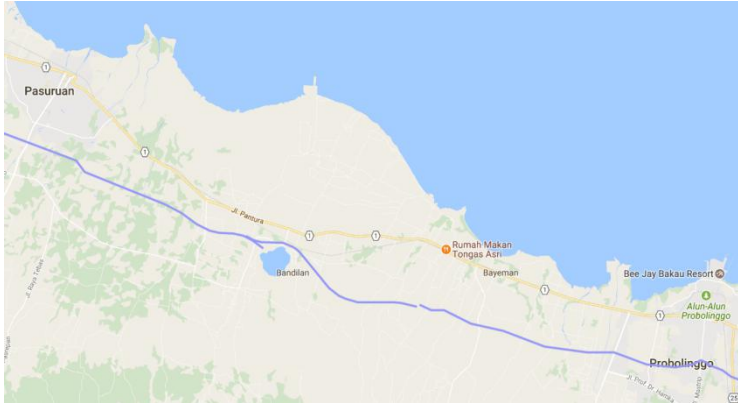
1.5. Batasan Masalah

Agar tidak terjadi penyimpangan dalam pembahasan tugas akhir ini, maka perlu adanya batasan masalah sebagai berikut:

1. Kendaraan yang ditinjau adalah kendaraan roda 4 atau lebih.
2. Tidak membahas perilaku pengendara dan profil pengendara (kesiapan dalam membayar, usia, dan emosi pengendara).
3. Tidak memperhitungkan aspek ekonomi dan finansial.

1.6. Lokasi Studi

Lokasi yang ditinjau dalam penyusunan tugas akhir ini adalah jalan tol Pasuruan - Probolinggo seperti pada Gambar 1.1 dan akan direncanakan 4 gerbang tol yaitu di daerah Grati, Tongas, Probolinggo Barat, dan Probolinggo Timur yang dapat dilihat pada Gambar 1.2.



Gambar 1. 1 Jalan Tol Rencana Pasuruan - Probolinggo
(Sumber : <http://bpjt.pu.go.id/gisbpjt/>)



Gambar 1. 2 Lokasi Gerbang Tol Pasuruan - Probolinggo

BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

2.1. Umum

Tinjauan pustaka merupakan teori dan bahan penelitian lain yang diarahkan untuk menyusun kerangka berpikir atau konsep yang akan digunakan dalam penulisan tugas akhir ini, suatu dasar teori dari para ahli yang mana teori tersebut diakui kebenarannya.

2.2. Definisi

Menurut Undang-Undang Republik Indonesia No. 38 Tahun 2004 tentang jalan, Jalan tol adalah jalan umum yang merupakan bagian sistem jaringan jalan dan sebagai jalan nasional yang penggunaanya diwajibkan membayar tol. Sedangkan tol adalah sejumlah uang tertentu yang dibayarkan untuk penggunaan jalan tol. Dan menurut Standar Konstruksi dan Bangunan No 007/BM/2009 tentang Geometri Jalan Bebas Hambatan Untuk Jalan Tol Departemen Pekerjaan Umum Direktorat Jenderal Bina Marga, Gerbang tol (toll gate) adalah tempat pelayanan transaksi tol bagi pemakai jalan tol yang terdiri dari beberapa gardu dan sarana kelengkapan lainnya. Sedangkan gardu tol (toll booth) adalah ruang tempat bekerja pengumpul tol untuk melaksanakan tugas pelayanan kepada pemakai jalan.

2.3. Tujuan

Menurut Undang-Undang Republik Indonesia No. 38 Tahun 2004 tentang jalan, jalan tol diselenggarakan untuk:

- a. memperlancar lalu lintas di daerah yang telah berkembang;
- b. meningkatkan hasil guna dan daya guna pelayanan distribusi barang dan jasa guna menunjang peningkatan pertumbuhan ekonomi;
- c. meringankan beban dana Pemerintah melalui partisipasi pengguna jalan; dan
- d. meningkatkan pemerataan hasil pembangunan dan keadilan.

2.4. Jenis Kendaraan

Berdasarkan Keputusan Menteri Pekerjaan Umum Nomor 370/KPTS/M/2007 tentang Penetapan Golongan Jenis Kendaraan Bermotor Pada Ruas Tol yang Sudah Beroperasi dan Besarnya Tarif Tol Pada Beberapa Ruas Jalan Tol, golongan jenis kendaraan bermotor pada jalan tol adalah sebagai berikut:

Tabel 2. 1 Golongan Jenis Kendaraan

GOLONGAN	JENIS KENDARAAN
Golongan I	Sedan, Jip, Pick Up/Truk Kecil, dan Bus
Golongan II	Truk dengan 2 (dua) gandar
Golongann III	Truk dengan 3 (tiga) gandar
Golongan IV	Truk dengan 4 (empat) gandar
Golongan V	Truk dengan 5 (lima) gandar atau lebih

(sumber : Keputusan Menteri Pekerjaan Umum Nomor 370/KPTS/M/2007)

2.5. Perencanaan Gerbang Tol

2.5.1. Kriteria Umum

Menurut Standar Konstruksi dan Bangunan No 007/BM/2009 tentang Geometri Jalan Bebas Hambatan Untuk Jalan Tol Departemen Pekerjaan Umum Direktorat Jenderal Bina Marga, gerbang tol harus direncanakan sesuai dengan kriteria sebagai berikut:

- Bentuk konstruksi atap dan tinggi minimum gerbang tol dibuat sedemikian rupa sehingga mempunyai ruang bebas pada lajur lalu lintas dengan tinggi minimum 5,10 m.
- Lebar atap gerbang tol minimum 13 m dan bentuk listplanknya dibuat sedemikian sehingga memungkinkan pemasangan lampu lalu lintas ataupun lane indicator. Penempatan kolom gerbang harus sedemikian rupa sehingga tidak mengganggu pandangan bebas pengumpul tol ke arah datangnya kendaraan dan

kebutuhan akan ruang gerak memadai bagi karyawan gerbang dalam melaksanakan tugasnya di gerbang tol

- Untuk gerbang tol dengan jumlah lajur lebih dari 10 lajur (9 pulau tol) diharuskan dilengkapi dengan terowongan penghubung antar gardu dan ke kantor gerbang untuk keselamatan dan keamanan pengumpul tol yang sekaligus menampung utilitas.
- Penempatan lampu pada atap gerbang agar dibuat sedemikian hingga tidak menyilaukan pengumpul tol untuk melihat kendaraan yang datang serta tidak mengganggu fungsi lane indicator.

2.5.2. Gardu Tol

Menurut Standar Konstruksi dan Bangunan No 007/BM/2009 tentang Geometri Jalan Bebas Hambatan Untuk Jalan Tol Departemen Pekerjaan Umum Direktorat Jenderal Bina Marga, gardu tol perlu direncanakan sedemikian rupa sehingga menciptakan kondisi kerja yang cukup nyaman dan aman bagi pengumpul tol. Untuk itu gardu tol harus dilengkapi dengan pengatur suhu, pasokan udara segar dan alat komunikasi antar gardu dan dengan kantor gerbang atau pos tol. Ukuran gardu tol minimal lebar 1,25 m panjang 2,00 m dan tinggi 2,5 m. Pintu gardu tol berupa pintu geser dan diletakkan pada bagian belakang gardu, dengan lebar minimum 0,60 m.

Untuk menetapkan jumlah lajur atau jumlah gardu tol yang direncanakan, akan ditentukan oleh 3 faktor yaitu:

- a) Volume lalu lintas
- b) Waktu pelayanan di gardu tol
- c) Standar pelayanan (jumlah antrian kendaraan yang diperkenankan)

2.5.2.1. Volume Lalu Lintas

Dalam merencanakan jumlah lajur (gardu tol), volume lalu lintas yang harus diperhitungkan adalah volume lalu lintas pada

jam sibuk, dalam hal ini yang dipakai adalah volume lalu lintas jam perencanaan.

2.5.2.2. Waktu Pelayanan

Menurut Peraturan Menteri Pekerjaan Umum Republik Indonesia Nomor 16/PRT/M/2014 tentang Standar Pelayanan Minimal Jalan Tol, Standar pelayanan minimal jalan tol adalah ukuran jenis dan mutu pelayanan dasar yang harus dicapai dalam pelaksanaan penyelenggaraan tol. Standar pelayanan minimal jalan tol wajib dipenuhi oleh Badan Usaha Jalan Tol dalam rangka pelayanan kepada pengguna jalan tol. Berikut standar pelayanan minimal pada gerbang tol:

Kecepatan transaksi rata-rata:

- Gerbang tol system terbuka : Maksimal 6 detik setiap kendaraan
- Gerbang masuk tol system tertutup : Maksimal 5 detik setiap kendaraan
- Gerbang keluar tol system tertutup : Maksimal 9 detik setiap kendaraan
- Ambil kartu GTO : Maksimal 4 detik setiap kendaraan
- Transaksi GTO : Maksimal 5 detik setiap kendaraan

Jumlah antrian kendaraan:

- Gardu Tol : Maksimal 10 kendaraan per gardu kondisi normal

2.5.3. Sistem Pembayaran pada Gerbang Tol

2.5.3.1. Sistem Pembayaran Konvensional

Gardu tol konvensional adalah gardu tol dengan sistem pembayaran menggunakan uang tunai. Pengguna jalan tol melakukan transaksi pada gardu tol dengan membayarkan sejumlah uang sesuai dengan tarif tol kepada petugas tol.

2.5.3.2. Sistem Pembayaran Gardu Tol Otomatis

Gardu Tol Otomatis (GTO) adalah gardu tol yang transaksinya menggunakan kartu khusus yang berisi saldo atau uang elektronik. Pengguna jalan tol dengan sistem pembayaran GTO cukup menempelkan kartu pada mesin yang telah disediakan pada gardu, dengan otomatis saldo akan berkurang sesuai dengan tarif tol. Berikut contoh transaksi pada gardu tol otomatis:



Gambar 2. 1 Sistem pembayaran pada GTO

(Sumber :

<http://assets.kompasiana.com/statics/crawl/555e4a760423bd9b628b456a.jpeg?t=o&v=700>)

2.5.3.3. Sistem Pembayaran *On Board Unit*

Gerbang tol dengan sistem pembayaran on board unit adalah gerbang tol dengan sistem transaksi non tunai dimana pengguna jalan tol tidak perlu berhenti untuk melakukan transaksi. Pengguna OBU terlebih dahulu harus membeli perangkat OBU dan *e toll card* yang kemudian diletakkan di dalam kendaraan.

Gardu tol OBU akan memindai kendaraan yang lewat sehingga pengguna jalan tol tidak perlu lagi berhenti untuk melakukan transaksi. Berikut adalah gambar perangkat OBU dan sistem pembayaran OBU:



Gambar 2. 2 Perangkat OBU

(sumber :

<http://irvancarbine.blogspot.co.id/p/tugas-manajemen-publik.html>

)

2.6. Teori Antrian

Analisis antrian pertama kali diperkenalkan oleh A.K. Erlang (1913) yang mempelajari fluktuasi permintaan fasilitas telepon dan keterlambatan pelayanannya. Saat ini analisis antrian banyak diterapkan di bidang bisnis (bank, supermarket), industri (pelayanan mesin otomatis), transportasi (pelabuhan udara, pelabuhan laut, jasa-jasa pos) dan lain-lain.

2.6.1. Komponen Proses Antrian

Komponen dasar proses antrian adalah kedatangan, pelayan dan antri. Komponen komponen ini disajikan pada gambar berikut:



Gambar 2. 3 Proses Antrian

(Sumber :

<https://masdwijanto.files.wordpress.com/2012/06/bab-8.pdf>)

1. Kedatangan

Setiap masalah antrian melibatkan kedatangan, misalnya orang, mobil, atau panggilan telepon untuk dilayani. Unsur ini sering disebut proses input. Proses input meliputi sumber kedatangan atau biasa dinamakan *calling population*, dan cara terjadinya kedatangan yang umumnya merupakan proses *random*.

2. Antrian

Inti dari analisis antrian adalah antri itu sendiri. Timbulnya antrian terutama tergantung dari sifat kedatangan dan proses pelayanan. Penentu antrian lain yang penting adalah disiplin antrian. Disiplin antrian adalah aturan keputusan yang menjelaskan cara melayani pengantri, misalnya datang awal dilayani dulu yang lebih dikenal dengan singkatan FCFS, datang terakhir dilayani dulu LCFS, berdasar prioritas, berdasar abjad, berdasar janji, dan lain-lain. Jika tak ada antrian berarti terdapat pelayan yang nganggur atau kelebihan fasilitas pelayanan.

3. Pelayanan

Pelayan atau mekanisme pelayanan dapat terdiri dari satu atau lebih pelayan, atau satu atau lebih fasilitas pelayanan. Contohnya pada sebuah check out counter

dari suatu supermarket terkadang hanya ada seorang pelayan, tetapi bisa juga diisi seorang kasir dengan pembantunya untuk memasukkan barang-barang ke kantong plastik. Sebuah bank dapat mempekerjakan seorang atau banyak teller. Di samping itu, perlu diketahui cara pelayanan dirampungkan, yang kadang-kadang merupakan proses *random*.

2.6.1.1. Distribusi Kedatangan

Model antrian adalah model probabilistik (stochastic) karena unsur-unsur tertentu proses antrian yang dimasukkan dalam model adalah variabel *random*. Variabel *random* ini sering digambarkan dengan distribusi probabilitas.

Baik kedatangan maupun waktu pelayanan dalam suatu proses antrian pada umumnya dinyatakan sebagai variabel *random*. Asumsi yang biasa digunakan dalam kaitannya dengan distribusi kedatangan (banyaknya kedatangan per unit waktu) adalah distribusi Poisson. Rumus umum distribusi probabilitas Poisson menurut (Walpole,1995) adalah:

$$P(x) = \frac{e^{-\lambda} \lambda^x}{x!}$$

Dimana:

x = banyaknya kedatangan

$P(x)$ = probabilitas kedatangan

λ = rata-rata tingkat kedatangan

e = dasar logaritma natural, yaitu 2,71828

$x!$ = $x (x-1) (x-2) \dots 1$

2.6.1.2. Distribusi Waktu Pelayanan

Waktu pelayanan dalam proses antrian dapat juga sesuai atau pas dengan salah satu bentuk distribusi probabilitas. Asumsi yang biasa digunakan bagi distribusi waktu pelayanan adalah distribusi eksponensial negatif. Sehingga jika waktu

pelayanan mengikuti distribusi eksponensial negatif, maka tingkat pelayanan mengikuti distribusi Poisson. Rumus umum density function probabilitas eksponensial negatif adalah:

$$f(t) = \mu e^{-\mu t}$$

Dimana:

t = waktu pelayanan

$f(t)$ = probabilitas yang berhubungan dengan t

μ = rata-rata tingkat pelayanan

$1/\mu$ = rata-rata waktu pelayanan

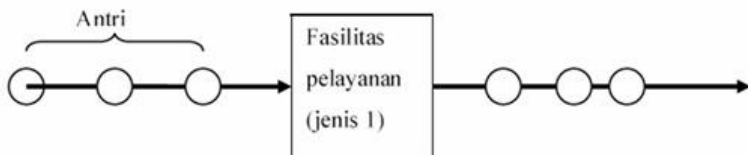
e = dasar logaritma, yaitu 2,71828

2.6.1.3. Struktur Dasar Proses Antrian

Proses antrian pada umumnya dikelompokkan ke dalam empat struktur dasar menurut (Kakiy,2004) , yaitu:

1. Satu Saluran, Satu Tahap (Single Channel, Single Phase)

Single Channel berarti hanya ada satu jalur yang memasuki sistem pelayanan. Single Phase berarti hanya ada satu pelayanan.



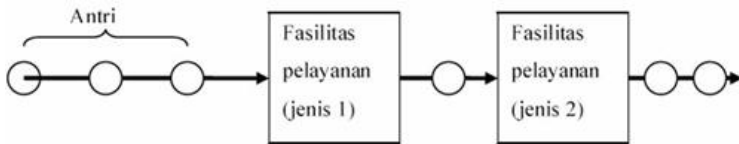
Gambar 2. 4 Single Channel, Single Phase

(Sumber :

<https://sites.google.com/site/operasiproduksi/teori-antrian>)

2. Satu Saluran, Banyak Tahap (Single Channel, Multi Phase)

Multi Phase menunjukkan ada lebih dari satu pelayanan yang dilaksanakan



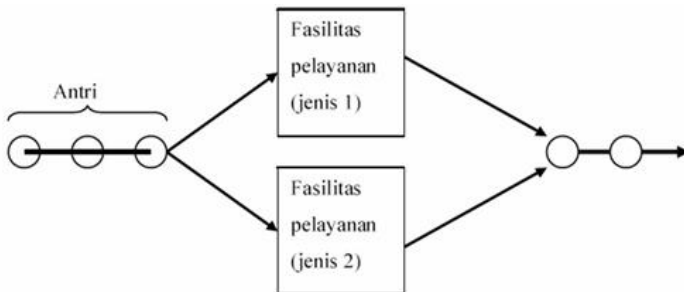
Gambar 2. 5 Single Channel, Multi Phase

(Sumber :

<https://sites.google.com/site/operasiproduksi/teori-antrian>)

3. Banyak Saluran, Satu Tahap (Multi Channel, Single Phase)

Multi Channel – Single Phase terjadi kapan saja di mana ada dua atau lebih fasilitas pelayanan dialiri oleh antrian tunggal.



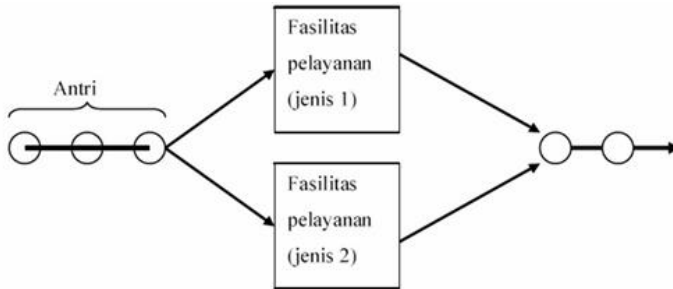
Gambar 2. 6 Multi Channel, Single Phase

(Sumber :

<https://sites.google.com/site/operasiproduksi/teori-antrian>)

4. Banyak Saluran, Banyak Tahap (Multi Channel, Multi Phase)

Terdapat dua atau lebih fasilitas pelayanan, yang dialiri lebih dari satu antrian.



Gambar 2. 7 Multi Channel, Multi Phase

(Sumber :

<https://sites.google.com/site/operasiproduksi/teori-antrian>)

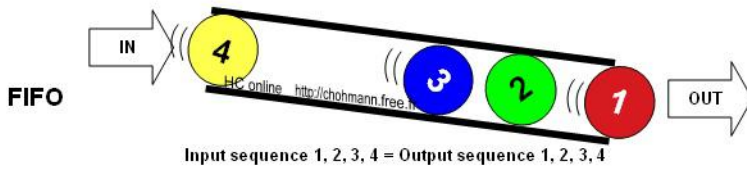
2.6.2. Disiplin Antrian

Menurut Thomas J. Kakiay disiplin antrian adalah aturan di mana para pelanggan dilayani, atau disiplin pelayanan (service discipline) yang memuat urutan (order) para pelanggan menerima layanan.

Ada 4 bentuk disiplin antrian menurut urutan kedatangan antara lain adalah:

1. First Come First Served (FCFS) atau First In First Out (FIFO)

Pelanggan yang terlebih dahulu datang akan dilayani terlebih dahulu. Misalnya, antrian pada loket pembelian tiket bioskop, antrian pada loket pembelian tiket kereta api.



Gambar 2. 8 First In First Out

(Sumber : <http://chohmann.free.fr/SCM/fifo.htm>)

Perhitungan analisis antrian FIFO adalah sebagai berikut:

$$n = \frac{\lambda}{\mu - \lambda} = \frac{\rho}{1 - \rho}$$

$$q = \frac{\lambda^2}{\mu(\mu - \lambda)} = \frac{\rho^2}{1 - \rho}$$

$$d = \frac{1}{(\mu - \lambda)}$$

$$w = \frac{\lambda}{\mu(\mu - \lambda)} = d - \frac{1}{\mu}$$

Dimana:

n = jumlah rata-rata kendaraan dalam sistem

q = jumlah rata-rata kendaraan dalam antrian

d = waktu rata-rata kendaraan dalam sistem

w = waktu rata-rata kendaraan dalam antrian

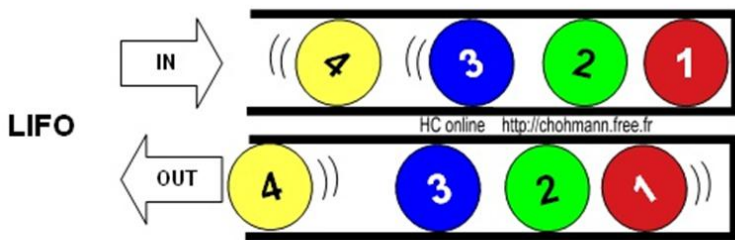
λ = tingkat kedatangan

μ = tingkat pelayanan

ρ = perbandingan antara tingkat kedatangan dan tingkat pelayanan

2. *Last Come First Served (LCFS)* atau *Last In First Out (LIFO)*

Pelanggan yang datang paling akhir akan dilayani terlebih dahulu. Misalnya, sistem antrian pada elevator untuk lantai yang sama, sistem bongkar muat barang dalam truk, pasien dalam kondisi kritis, walaupun dia datang paling akhir tetapi dia akan dilayani terlebih dahulu.



Input sequence 1, 2, 3, 4 ≠ Output sequence 4, 3, 2, 1

Gambar 2. 9 Last In First Out

(sumber : <http://chohmann.free.fr/SCM/fifo.htm>)

3. *Service In random Order (SIRO)* atau *random Selection for Service (RSS)*

Panggilan didasarkan pada peluang secara *random*, jadi tidak menjadi permasalahan siapa yang lebih dahulu datang. Misalnya, pada arisan di mana penarikan berdasarkan nomor undian.

4. *Priority Service (PS)*

Prioritas pelayanan diberikan kepada pelanggan yang mempunyai prioritas lebih tinggi dibandingkan dengan pelanggan yang mempunyai prioritas yang lebih rendah, meskipun mungkin yang dahulu tiba di garis tunggu adalah yang terakhir datang. Hal ini mungkin disebabkan oleh beberapa hal, misalnya seseorang yang

memiliki penyakit yang lebih berat dibandingkan orang lain pada suatu tempat praktek dokter, hubungan kekerabatan pelayan dan pelanggan potensial akan dilayani terlebih dahulu.

2.6.3. Tingkat Pelayanan

Tingkat pelayanan yang dinyatakan dengan notasi (μ) adalah jumlah kendaraan atau manusia yang dapat dilayani oleh satu tempat pelayanan dalam satu satuan waktu tertentu, biasanya dinyatakan dalam satuan kendaraan/jam atau orang/menit.

Selain tingkat pelayanan, juga dikenal Waktu Pelayanan (WP) yang dapat didefinisikan sebagai waktu yang dibutuhkan oleh satu tempat pelayanan untuk dapat melayani satu kendaraan atau satu orang, biasa dinyatakan dalam satuan menit/kendaraan atau menit/orang, sehingga bisa disimpulkan bahwa :

$$WP = \frac{1}{\mu}$$

Dimana:

WP = Waktu pelayanan

μ = Tingkat pelayanan

Selain itu dikenal juga notasi ρ yang didefinisikan sebagai perbandingan antara tingkat kedatangan (λ) dengan tingkat pelayanan (μ) dengan persyaratan bahwa nilai tersebut selalu harus lebih kecil dari 1.

$$\rho = \frac{\lambda}{\mu}$$

Dimana:

ρ = perbandingan antara tingkat kedatangan dan tingkat pelayanan

μ = tingkat pelayanan

λ = tingkat kedatangan

Jika nilai $\rho > 1$, hal ini berarti bahwa tingkat kedatangan lebih besar dari tingkat pelayanan. Jika hal ini terjadi, maka dapat dipastikan akan terjadi antrian yang akan selalu bertambah panjang (May, 1990:361).

(Halaman ini sengaja dikosongkan)

BAB III METODOLOGI

3.1. Umum

Dalam bab ini akan dijelaskan mengenai uraian kegiatan yang akan dilakukan selama penulisan dan penyusunan tugas akhir ini berlangsung, waktu dan tempat penelitian, serta bagan alir penyusunan tugas akhir.

3.2. Uraian Kegiatan

Langkah-langkah dalam penulisan dan penyusunan tugas akhir perencanaan gerbang tol Pasuruan-Probolinggo adalah sebagai berikut:

1. Identifikasi Masalah

Identifikasi masalah merupakan tahapan awal yang dilakukan dalam penyusunan tugas akhir. Dalam identifikasi masalah diperlukan peninjauan permasalahan utama yang ada dalam studi kasus yang kemudian akan dirangkum dalam sebuah rumusan masalah. Rumusan masalah yang telah dirangkum tersebut akan menjadi dasar permasalahan dalam penulisan dan penyusunan Tugas Akhir ini. Identifikasi masalah yang dilakukan dalam penelitian ini adalah peninjauan langsung pada jalan tol Pasuruan-Probolinggo. Pada tahap identifikasi masalah dilakukan pengamatan kondisi lapangan dan permasalahan yang terjadi sampai munculnya gagasan mengangkat topik tugas akhir tentang perencanaan gerbang tol Pasuruan-Probolinggo. Sehingga yang perlu diidentifikasi antara lain adalah lokasi jalan tol, area mana saja yang dilewati dan faktor apa yang mempengaruhi dalam perencanaan gerbang tol.

2. Studi Literatur

Studi literatur yaitu mereferensi dan melakukan pembelajaran pada sumber atau literatur yang berkaitan dengan topik penulisan dan penyusunan tugas akhir ini. Literatur-literatur yang ada bisa berupa jurnal ilmiah baik nasional maupun internasional, buku penunjang, peraturan-peraturan terkait, tugas akhir terdahulu yang berkaitan dengan permasalahan yang sama, dan lain sebagainya.

3. Pengumpulan Data

Data yang dikumpulkan terdiri dari 2 jenis data yaitu data primer dan data sekunder.

● Data Primer

Data primer merupakan data yang diambil secara langsung dari lokasi penelitian. Data primer dapat berupa hasil wawancara, jajak pendapat dari individu atau kelompok, dan hasil observasi terhadap suatu objek kejadian atau kegiatan. Data primer yang dibutuhkan antara lain:

a. Survei Waktu Pelayanan Gerbang Tol

Untuk mendapatkan nilai dari waktu pelayanan gerbang tol *on board unit* yang ada di lapangan.

b. Survei Volume Lalu Lintas Jalan Eksisting.

Untuk mendapatkan persentase proporsi kendaraan berdasarkan arah.

● Data Sekunder

Data sekunder merupakan data yang telah ada, atau data yang tidak berhubungan langsung dengan objek penelitian. Data sekunder dapat diperoleh dari instansi-instansi yang bersangkutan dengan

objek penelitian, dan data-data dari hasil studi terdahulu. Data sekunder yang dibutuhkan antara lain:

a. Data Geometri Jalan Tol (Layout)

Data ini untuk mengetahui titik titik perencanaan gerbang tol Pasuruan - Probolinggo. Data geometri jalan tol diperoleh dari PT. Trans Jawa Paspro Jalan Tol sebagai badan pengelola jalan tol.

b. Data Volume Lalu Lintas Jalan Tol Rencana

Data ini untuk mendapatkan pembebanan pada tiap tiap gerbang tol Pasuruan - Probolinggo. Data volume lalu lintas jalan tol rencana diperoleh dari PT. Trans Jawa Paspro Jalan Tol sebagai badan pengelola jalan tol.

4. Analisis Data

Analisis data adalah tahapan dimana data yang didapatkan dari pengumpulan data direkapitulasi dan diolah yang kemudian data hasil olahan digunakan untuk menganalisis jalan yang ditinjau. Data volume kendaraan digunakan untuk perhitungan tingkat kedatangan, panjang antrian, dan lain-lain.

5. Kesimpulan

Setelah mengelola data yang ada maka akan didapatkan hasil dari perencanaan yang terdiri dari:

1. Tingkat kedatangan
2. Jumlah gerbang tol yang harus dibangun

3.3. Lokasi dan Waktu Penelitian

3.3.1. Lokasi Penelitian

Penelitian akan dilaksanakan pada jalan tol Pasuruan-Probolinggo. Dan untuk survei waktu pelayanan

dilakukan digerbang tol kapuk. Dikarenakan pada gerbang tol kapuk sudah terdapat sistem pembayaran menggunakan *on board unit*.



Gambar 3. 1 Gerbang Tol Kapuk

(sumber :

<http://pitunews.com/wp-content/uploads/2016/11/gerbang-tol-soe-dijatmo.jpg>)



Gambar 3. 2 Gerbang e toll pass Kapuk

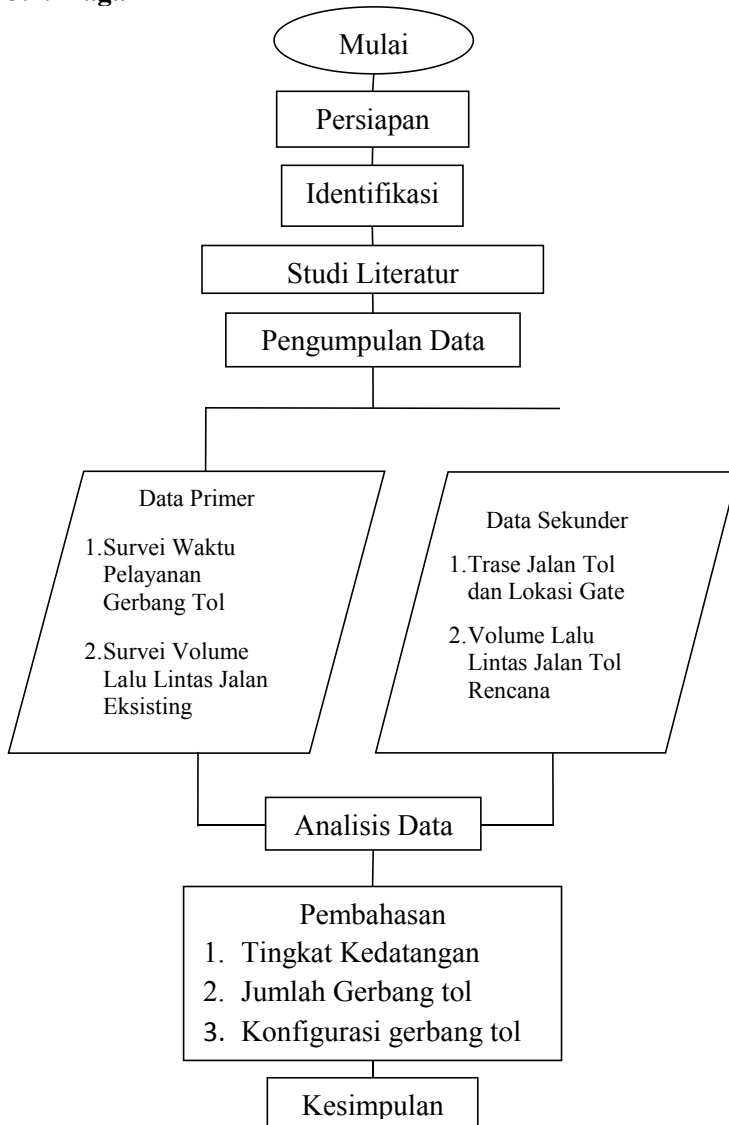
(sumber :

<http://s3-ap-southeast-1.amazonaws.com/swa.co.id/wp-content/uploads/2013/03/20130306-etollpass.jpg>)

3.3.2. Waktu Penelitian

survei lapangan untuk mendapatkan waktu pelayanan pada gerbang tol akan dilakukan pada bulan februari 2017.

3.4. Bagan Alir



(Halaman ini sengaja dikosongkan)

BAB IV

PENGUMPULAN DATA

4.1. Umum

Pengumpulan data merupakan tahap awal dalam perencanaan yang bertujuan untuk mengumpulkan data yang dibutuhkan untuk kemudian dianalisis. Dalam pengerjaan tugas akhir ini data yang digunakan adalah data sekunder dan data primer. Data sekunder merupakan data yang telah ada dan diperoleh dari instansi-instansi yang bersangkutan dengan objek penelitian, ataupun data-data dari hasil studi terdahulu. Sedangkan data primer adalah data yang diambil secara langsung.

4.2. Data Sekunder

4.2.1. Volume Lalu Lintas Jalan Tol Rencana

Volume lalu lintas rencana jalan tol Pasuruan - Probolinggo didapat dari PT. Transjawa Paspro Jalan Tol yang merupakan badan pengelola jalan tol Pasuruan - Probolinggo. Data volume lalu lintas jalan tol rencana yang disajikan berupa volume lalu lintas rencana pada tiap seksi jalan tol pergolongan kendaraan. Data volume lalu lintas jalan tol rencana dapat dilihat pada tabel berikut:

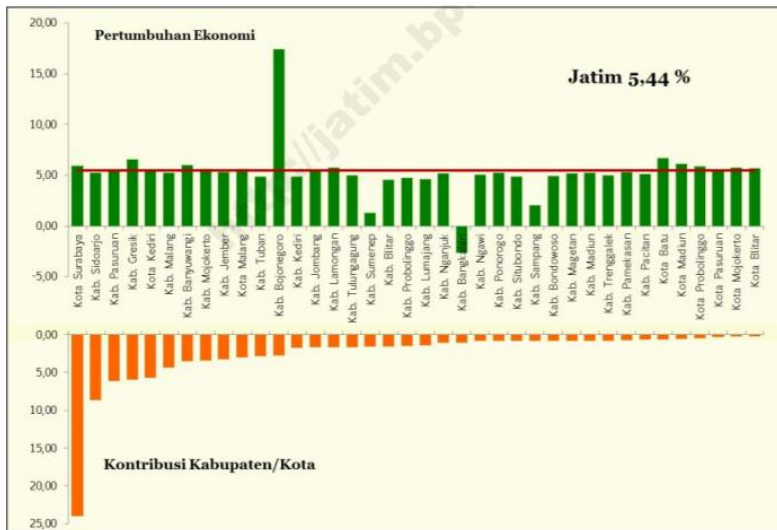
Tabel 4. 1 Volume Lalu Lintas Jalan Tol Rencana

Tahun	Seksi	Volume Lalu Lintas				
		Gol I	Gol II	Gol III	Gol IV	Gol V
2015	Seksi I	7519	3639	1040	787	347
	Seksi II	6867	3324	950	718	317
2017	Seksi I	9601	4647	1328	1004	443
	Seksi II	8768	4244	1213	917	404
	Seksi III	7307	3537	1011	764	337
2018	Seksi I	26089	13628	3608	2729	1203
	Seksi II	13826	11533	3295	2492	1099
	Seksi III	19857	9612	2746	2077	916

(sumber : PT. Transjawa Paspro Jalan Tol)

4.2.2. Pertumbuhan Ekonomi Jawa Timur

Data pertumbuhan ekonomi Jawa Timur digunakan untuk menghitung pertumbuhan lalu lintas pada jalan tol sesuai dengan umur rencana. Data pertumbuhan yang digunakan didapat dari katalog BPS tentang Produk Domestik Regional Bruto Kabupaten/Kota Jawa Timur Menurut Lapangan Usaha 2011-2015 yang dikeluarkan oleh Badan Pusat Statistik Provinsi Jawa Timur. Data dapat dilihat pada grafik berikut:



Gambar 4. 1 Pertumbuhan Ekonomi dan Kontribusi Kabupaten/Kota dalam PDRB Jawa Timur Tahun 2015
(sumber : BPS Provinsi Jawa Timur)

4.3. Data Primer

4.3.1. Volume Lalu Lintas Jalan Eksisting

Pada data sekunder telah diketahui volume lalu lintas jalan tol rencana, namun yang diketahui hanya berupa volume lalu lintas tiap seksi tanpa memperhatikan arah. Pengambilan data primer berupa volume lalu lintas jalan eksisting digunakan untuk menentukan proporsi kendaraan yang menuju ke arah barat dan kendaraan yang menuju ke arah timur. Survei dilakukan selama dua hari yaitu pada tanggal 26 maret 2017 untuk hari kerja dan tanggal 29 maret 2017 untuk hari akhir pekan pada tiap titik jalan eksisting yang mewakili tiap seksi pada jalan tol rencana. Hasil survei disajikan dalam tabel berikut:

Tabel 4. 2 Volume Lalu Lintas *weekend* Ruas Grati - Tongas
Arah Timur

Waktu		Gol I				Gol II	Gol III	Gol IV	Gol V	Total
	SM	KR	KBM	BB	KBM	TB	TB	TB	TB	
11.00-11.15	175	112	2	4	15	10	1	3		322
11.15-11.30	205	114	4	5	18	12	0	2		360
11.30-11.45	213	131	2	7	20	6	0	6		385
11.45-12.00	187	138	2	9	10	14	0	2		362
12.00-12.15	160	145	1	8	23	9	0	1		347
12.15-12.30	175	135	5	6	21	4	0	0		346
12.30-12.45	191	156	10	10	20	3	1	1		392
12.45-13.00	142	109	2	4	7	3	0	0		267
13.00-13.15	143	112	1	4	12	6	0	2		280
13.15-13.30	162	118	4	4	16	3	0	0		307
13.30-13.45	156	110	5	5	17	4	0	0		297
13.45-14.00	164	113	6	2	16	5	0	1		307
14.00-14.15	133	105	4	3	12	7	1	0		265
14.15-14.30	125	121	2	3	17	4	0	2		274
14.30-14.45	131	105	2	2	8	5	1	0		254
14.45-15.00	143	115	3	6	11	5	0	0		283
15.00-15.15	152	106	2	4	10	3	0	1		278
15.15-15.30	170	115	4	5	10	3	0	1		308
15.30-15.45	115	85	2	4	9	1	0	0		216
15.45-16.00	163	136	7	5	13	8	0	3		335
16.00-16.15	148	115	6	3	9	4	0	1		286
16.15-16.30	147	118	9	2	10	2	0	1		289
16.30-16.45	107	132	0	1	7	4	0	1		252
16.45-17.00	103	118	8	3	12	4	0	1		249
17.00-17.15	97	125	4	2	4	3	1	2		238
17.15-17.30	123	103	5	4	5	3	0	1		244

Tabel 4. 3 Volume Lalu Lintas *weekend* Ruas Grati - Tongas
Arah Barat

Waktu	Gol I				Gol II	Gol III	Gol IV	Gol V	Total
	SM	KR	KBM	BB	KBM	TB	TB	TB	
11.00-11.15	150	106	0	5	9	3	1	0	274
11.15-11.30	165	118	0	7	10	3	1	2	306
11.30-11.45	162	129	0	9	31	9	1	0	341
11.45-12.00	161	151	0	14	27	10	1	0	364
12.00-12.15	180	154	2	12	16	11	1	0	376
12.15-12.30	162	108	1	6	11	4	0	1	293
12.30-12.45	158	128	0	10	13	12	4	1	326
12.45-13.00	178	124	3	4	10	8	0	0	327
13.00-13.15	179	142	0	5	13	12	0	0	351
13.15-13.30	207	124	0	9	17	8	0	0	365
13.30-13.45	157	111	2	7	14	0	1	0	292
13.45-14.00	170	120	1	4	23	5	0	0	323
14.00-14.15	142	117	0	6	13	7	4	0	289
14.15-14.30	130	120	0	2	11	8	0	0	271
14.30-14.45	146	123	1	4	12	3	0	0	289
14.45-15.00	128	125	0	4	11	5	0	1	274
15.00-15.15	138	119	0	4	12	6	1	0	280
15.15-15.30	136	110	0	3	15	3	1	0	268
15.30-15.45	122	126	0	6	18	5	0	0	277
15.45-16.00	201	158	1	8	16	5	0	1	390
16.00-16.15	211	150	1	7	19	11	2	1	402
16.15-16.30	187	139	0	5	15	3	0	0	349
16.30-16.45	157	210	0	8	26	7	1	1	410
16.45-17.00	175	145	0	4	13	6	0	0	343
17.00-17.15	163	162	0	4	15	4	1	1	350
17.15-17.30	115	125	2	4	18	3	1	2	270

Tabel 4. 4 Volume Lalu Lintas *weekend* Ruas Tongas -
Probolinggo Barat Arah Timur

Waktu		Gol I				Gol II	Gol III	Gol IV	Gol V	Total
	SM	KR	KBM	BB	KBM	TB	TB	TB	TB	
11.00-11.15	134	98	2	9	12	4	1	0	0	260
11.15-11.30	141	90	2	9	19	3	1	1	1	266
11.30-11.45	169	106	3	8	17	4	1	1	1	309
11.45-12.00	125	100	4	7	11	4	0	2	2	253
12.00-12.15	151	116	2	8	14	6	0	3	3	300
12.15-12.30	171	134	2	5	25	6	1	0	0	344
12.30-12.45	152	129	4	8	19	6	0	1	1	319
12.45-13.00	191	134	3	4	18	6	0	0	0	356
13.00-13.15	172	152	2	2	17	4	0	1	1	350
13.15-13.30	170	85	1	8	13	6	0	0	0	283
13.30-13.45	169	137	3	6	25	2	1	0	0	343
13.45-14.00	154	146	2	5	19	4	0	1	1	331
14.00-14.15	172	124	1	5	20	2	0	0	0	324
14.15-14.30	192	111	1	4	15	5	1	0	0	329
14.30-14.45	181	102	2	7	12	5	2	2	2	313
14.45-15.00	201	139	4	5	18	4	0	0	0	371
15.00-15.15	182	130	1	6	11	3	1	0	0	334
15.15-15.30	161	149	3	7	11	4	1	1	1	337
15.30-15.45	208	110	0	4	10	2	1	1	1	336
15.45-16.00	233	148	2	7	11	4	0	1	1	406
16.00-16.15	171	142	3	5	11	8	0	5	5	345
16.15-16.30	179	125	1	2	11	4	0	2	2	324
16.30-16.45	146	94	1	4	7	5	1	0	0	258
16.45-17.00	130	110	2	4	9	5	2	2	2	264
17.00-17.15	112	123	5	5	9	2	0	1	1	257
17.15-17.30	88	114	2	6	11	3	1	1	1	226

Tabel 4. 5 Volume Lalu Lintas *weekend* Ruas Tongas -
Probolinggo Barat Arah Barat

Waktu	Gol I				Gol II	Gol III	Gol IV	Gol V	Total
	SM	KR	KBM	BB	KBM	TB	TB	TB	
11.00-11.15	120	98	2	3	20	5	0	1	249
11.15-11.30	114	130	5	3	15	5	0	2	274
11.30-11.45	135	124	1	4	18	9	3	2	296
11.45-12.00	180	173	1	4	10	4	2	0	374
12.00-12.15	173	103	5	4	7	2	0	1	295
12.15-12.30	169	125	0	5	16	6	2	3	326
12.30-12.45	150	100	1	5	13	5	3	1	278
12.45-13.00	132	99	4	2	18	10	2	1	268
13.00-13.15	149	115	0	5	14	6	0	0	289
13.15-13.30	133	93	0	4	14	3	1	0	248
13.30-13.45	194	166	8	10	22	4	0	1	405
13.45-14.00	202	135	4	9	15	3	4	1	373
14.00-14.15	211	167	0	6	14	2	3	1	404
14.15-14.30	234	121	2	8	18	4	0	4	391
14.30-14.45	205	187	5	7	21	5	2	2	434
14.45-15.00	181	175	3	7	16	4	2	3	391
15.00-15.15	190	152	2	8	15	7	0	0	374
15.15-15.30	197	177	4	8	22	9	0	1	418
15.30-15.45	212	174	2	10	17	4	4	1	424
15.45-16.00	171	118	1	4	12	13	1	2	322
16.00-16.15	144	148	2	7	23	6	1	2	333
16.15-16.30	160	160	1	8	25	9	3	2	368
16.30-16.45	220	158	0	5	9	4	2	0	398
16.45-17.00	211	176	4	5	14	6	1	1	418
17.00-17.15	201	150	3	6	21	3	1	2	387
17.15-17.30	289	167	2	6	17	9	1	0	491

Tabel 4. 6 Volume Lalu Lintas *weekend* Ruas Probolinggo Barat - Probolinggo Timur (Jalan Ring Road) Arah Timur

Waktu	Gol I				Gol II	Gol III	Gol IV	Gol V	Total
	SM	KR	KBM	BB	KBM	TB	TB	TB	
11.00-11.15	67	34	4	4	12	4	1	0	126
11.15-11.30	55	48	5	3	9	4	1	0	125
11.30-11.45	74	45	3	4	8	2	3	1	140
11.45-12.00	60	41	3	6	9	4	3	0	126
12.00-12.15	97	48	2	5	11	4	1	0	168
12.15-12.30	46	42	4	5	7	4	3	0	111
12.30-12.45	74	41	3	3	14	7	0	0	142
12.45-13.00	67	45	3	2	13	5	1	0	136
13.00-13.15	50	46	2	6	11	3	0	0	118
13.15-13.30	60	54	1	6	5	4	0	0	130
13.30-13.45	74	54	0	1	11	6	0	1	147
13.45-14.00	65	60	1	5	9	3	0	0	143
14.00-14.15	63	56	2	2	7	5	0	0	135
14.15-14.30	77	48	2	2	8	4	0	0	141
14.30-14.45	82	61	1	4	6	6	1	1	162
14.45-15.00	76	59	3	2	7	4	0	1	152
15.00-15.15	65	65	1	6	9	2	0	1	149
15.15-15.30	69	54	4	4	10	6	2	0	149
15.30-15.45	80	47	3	5	12	4	0	0	151
15.45-16.00	91	41	1	5	11	4	2	1	156
16.00-16.15	78	45	0	10	10	3	0	1	147
16.15-16.30	69	58	4	3	10	8	1	1	154
16.30-16.45	63	67	0	1	9	3	2	1	146
16.45-17.00	65	30	0	3	12	5	1	0	116
17.00-17.15	78	42	2	4	11	4	3	0	144
17.15-17.30	65	51	0	2	9	3	2	1	133

Tabel 4. 7 Volume Lalu Lintas *weekend* Ruas Probolinggo Barat - Probolinggo Timur (Jalan Ring Road) Arah Barat

Waktu	Gol I				Gol II	Gol III	Gol IV	Gol V	Total
	SM	KR	KBM	BB	KBM	TB	TB	TB	
11.00-11.15	121	84	3	6	20	6	2	2	244
11.15-11.30	129	67	3	5	12	4	0	0	220
11.30-11.45	140	92	2	5	9	3	2	0	253
11.45-12.00	123	76	1	2	13	3	0	2	220
12.00-12.15	110	72	4	4	17	5	3	0	215
12.15-12.30	88	33	2	3	14	2	0	0	142
12.30-12.45	67	24	0	2	6	2	1	0	102
12.45-13.00	97	36	2	3	18	7	1	0	164
13.00-13.15	84	48	4	8	12	0	0	0	156
13.15-13.30	99	56	3	6	18	0	1	0	183
13.30-13.45	88	49	1	2	11	0	1	0	152
13.45-14.00	95	32	1	3	13	2	2	1	149
14.00-14.15	97	29	1	3	14	0	0	0	144
14.15-14.30	105	41	0	2	9	0	0	1	158
14.30-14.45	124	52	2	4	8	1	1	1	193
14.45-15.00	113	42	0	5	9	0	1	0	170
15.00-15.15	104	56	3	2	15	1	3	0	184
15.15-15.30	106	45	3	2	12	1	0	0	169
15.30-15.45	125	57	0	4	11	3	0	0	200
15.45-16.00	84	46	4	3	11	2	1	1	152
16.00-16.15	109	52	4	1	10	3	0	0	179
16.15-16.30	113	63	3	1	13	5	3	0	201
16.30-16.45	87	56	2	4	18	3	3	0	173
16.45-17.00	94	51	4	6	10	5	1	1	172
17.00-17.15	118	65	2	2	13	3	1	0	204
17.15-17.30	101	70	2	3	8	3	1	0	188

Tabel 4. 8 Volume Lalu Lintas *weekend* Ruas Probolinggo Barat - Probolinggo Timur (Jalan Kota) Arah Timur

Waktu	Gol I				Gol II	Gol III	Gol IV	Gol V	Total
	SM	KR	KBM	BB	KBM	TB	TB	TB	
11.00-11.15	189	96	1	0	0	0	0	0	286
11.15-11.30	199	85	1	0	2	0	0	0	287
11.30-11.45	208	88	1	0	2	0	0	0	299
11.45-12.00	185	113	0	0	0	0	0	0	298
12.00-12.15	181	89	1	1	0	0	0	0	272
12.15-12.30	179	105	0	0	1	0	0	0	285
12.30-12.45	223	121	0	0	3	0	0	0	347
12.45-13.00	179	112	0	1	2	0	0	0	294
13.00-13.15	152	94	0	1	1	0	0	0	248
13.15-13.30	194	92	2	1	4	0	0	0	293
13.30-13.45	170	93	0	1	3	0	0	0	267
13.45-14.00	197	119	1	1	1	0	0	0	319
14.00-14.15	174	105	1	0	2	0	0	0	282
14.15-14.30	181	98	0	0	0	0	0	0	279
14.30-14.45	190	94	0	1	0	0	0	0	285
14.45-15.00	173	114	1	2	1	0	0	0	291
15.00-15.15	167	108	2	0	2	0	0	0	279
15.15-15.30	189	119	0	0	0	0	0	0	308
15.30-15.45	178	121	1	0	1	0	0	0	301
15.45-16.00	203	99	0	0	0	0	0	0	302
16.00-16.15	160	113	0	2	2	0	0	0	277
16.15-16.30	162	108	0	1	1	0	0	0	272
16.30-16.45	154	111	0	1	1	0	0	0	267
16.45-17.00	161	102	0	2	2	0	0	0	267
17.00-17.15	172	89	0	3	3	0	0	0	267
17.15-17.30	147	82	0	0	0	0	0	0	229

Tabel 4. 9 Volume Lalu Lintas *weekend* Ruas Probolinggo Barat - Probolinggo Timur (Jalan Kota) Arah Barat

Waktu	Gol I				Gol II	Gol III	Gol IV	Gol V	Total
	SM	KR	KBM	BB	KBM	TB	TB	TB	
11.00-11.15	167	121	1	0	0	0	0	0	289
11.15-11.30	175	103	1	0	0	0	0	0	279
11.30-11.45	183	111	0	0	0	0	0	0	294
11.45-12.00	240	101	0	1	1	0	0	0	343
12.00-12.15	270	110	0	0	0	0	0	1	381
12.15-12.30	252	126	0	4	4	2	0	0	388
12.30-12.45	257	112	2	2	2	0	0	0	375
12.45-13.00	194	97	0	1	1	0	0	0	293
13.00-13.15	313	135	0	2	2	0	0	0	452
13.15-13.30	238	150	0	3	3	0	0	0	394
13.30-13.45	222	128	0	0	0	0	0	0	350
13.45-14.00	215	123	0	1	1	0	1	0	341
14.00-14.15	184	104	1	1	0	0	0	0	290
14.15-14.30	198	120	0	2	0	0	0	1	321
14.30-14.45	178	109	0	0	1	0	0	0	288
14.45-15.00	201	115	1	0	3	1	1	0	322
15.00-15.15	205	134	0	0	0	0	0	0	339
15.15-15.30	178	105	0	1	2	1	0	0	287
15.30-15.45	198	122	0	0	0	0	0	0	320
15.45-16.00	167	121	0	2	4	1	0	0	295
16.00-16.15	200	104	0	2	2	0	0	0	308
16.15-16.30	211	115	0	1	0	0	0	0	327
16.30-16.45	183	130	1	2	0	0	0	0	316
16.45-17.00	207	109	0	0	3	0	0	0	319
17.00-17.15	194	127	0	0	0	2	0	0	323
17.15-17.30	188	115	0	1	0	2	1	0	307

Tabel 4. 10 Volume Lalu Lintas *weekday* Ruas Grati - Tongas
Arah Timur

Waktu		Gol I				Gol II	Gol III	Gol IV	Gol V	Total
	SM	KR	KBM	BB	KBM	TB	TB	TB	TB	
11.00-11.15	160	131	6	8	21	7	0	1		334
11.15-11.30	150	114	1	8	31	12	0	3		319
11.30-11.45	164	107	4	5	33	14	4	5		336
11.45-12.00	145	117	4	6	40	13	0	1		326
12.00-12.15	151	132	3	8	36	14	0	1		345
12.15-12.30	149	100	4	8	41	12	1	8		323
12.30-12.45	172	134	5	6	44	14	0	8		383
12.45-13.00	127	116	6	6	38	10	0	2		305
13.00-13.15	141	126	2	5	47	12	0	1		334
13.15-13.30	126	95	0	5	15	1	1	2		245
13.30-13.45	144	132	4	5	25	11	1	2		324
13.45-14.00	132	102	0	5	27	7	0	1		274
14.00-14.15	129	96	0	2	31	6	0	5		269
14.15-14.30	118	87	4	3	19	5	4	6		246
14.30-14.45	115	102	6	3	23	4	4	4		261
14.45-15.00	104	104	2	6	27	8	2	4		257
15.00-15.15	127	97	0	2	17	7	4	2		256
15.15-15.30	121	94	1	4	41	4	3	1		269
15.30-15.45	110	78	1	5	36	3	3	2		238
15.45-16.00	146	114	2	5	44	19	4	2		336
16.00-16.15	133	102	2	5	40	11	1	5		299
16.15-16.30	163	113	4	7	47	17	1	4		356
16.30-16.45	181	121	3	3	41	8	2	6		365
16.45-17.00	166	109	2	7	51	9	1	6		351
17.00-17.15	162	116	2	8	43	23	1	5		360
17.15-17.30	171	102	4	7	33	7	2	2		328

Tabel 4. 11 Volume Lalu Lintas *weekday* Ruas Grati - Tongas
Arah Barat

Waktu		Gol I				Gol II	Gol III	Gol IV	Gol V	Total
	SM	KR	KBM	BB	KBM	TB	TB	TB	TB	
11.00-11.15	146	94	12	6	21	4	1	2		286
11.15-11.30	119	67	0	5	21	7	1	2		222
11.30-11.45	153	96	4	5	29	4	1	3		295
11.45-12.00	104	78	5	7	26	6	3	2		231
12.00-12.15	131	88	1	7	25	6	1	3		262
12.15-12.30	102	57	2	2	23	9	2	2		199
12.30-12.45	106	56	3	6	26	6	2	1		206
12.45-13.00	121	69	2	5	26	7	2	7		239
13.00-13.15	129	74	1	7	31	4	2	4		252
13.15-13.30	129	87	2	7	26	3	5	3		262
13.30-13.45	125	94	5	6	39	4	1	1		275
13.45-14.00	128	64	2	5	20	7	1	3		230
14.00-14.15	142	74	5	4	19	9	1	4		258
14.15-14.30	136	81	2	5	25	4	0	5		258
14.30-14.45	125	65	0	5	29	6	0	5		235
14.45-15.00	153	56	0	4	31	3	1	3		251
15.00-15.15	120	78	1	2	35	10	2	2		250
15.15-15.30	115	80	3	1	39	9	2	2		251
15.30-15.45	92	96	0	5	43	13	2	3		254
15.45-16.00	100	80	0	6	23	9	0	1		219
16.00-16.15	174	86	0	2	27	10	1	5		305
16.15-16.30	174	87	0	3	37	10	2	4		317
16.30-16.45	156	86	0	7	32	5	2	5		293
16.45-17.00	149	103	0	3	42	7	3	1		308
17.00-17.15	137	103	0	7	35	8	1	1		292
17.15-17.30	216	96	1	4	27	8	0	4		356

**Tabel 4. 12 Volume Lalu Lintas *weekday* Ruas Tongas -
Probolinggo Barat Arah Timur**

Waktu		Gol I				Gol II	Gol III	Gol IV	Gol V	Total
	SM	KR	KBM	BB	KBM	TB	TB	TB	TB	
11.00-11.15	139	125	2	8	40	9	0	3		326
11.15-11.30	157	115	2	9	42	12	0	2		339
11.30-11.45	110	84	1	5	36	16	0	1		253
11.45-12.00	136	129	3	2	49	12	2	3		336
12.00-12.15	117	88	1	9	36	10	2	1		264
12.15-12.30	140	93	3	8	38	12	1	1		296
12.30-12.45	166	110	1	7	44	10	2	9		349
12.45-13.00	129	123	3	9	64	12	0	5		345
13.00-13.15	133	93	4	6	42	13	0	0		291
13.15-13.30	128	96	2	6	40	10	0	1		283
13.30-13.45	147	104	3	3	33	7	0	3		300
13.45-14.00	101	112	3	8	55	7	0	0		286
14.00-14.15	98	92	3	3	37	9	0	0		242
14.15-14.30	120	82	8	4	48	5	2	3		272
14.30-14.45	104	108	5	4	32	5	1	0		259
14.45-15.00	82	111	5	2	46	8	0	1		255
15.00-15.15	77	93	12	7	37	10	0	0		236
15.15-15.30	97	112	8	5	31	2	1	5		261
15.30-15.45	144	105	4	3	24	6	0	3		289
15.45-16.00	145	103	5	3	42	9	1	4		312
16.00-16.15	203	122	3	4	38	19	5	5		399
16.15-16.30	186	143	3	8	50	13	0	4		407
16.30-16.45	168	149	7	7	40	17	1	6		395
16.45-17.00	177	118	3	7	45	17	2	6		375
17.00-17.15	160	87	3	5	39	13	0	5		312
17.15-17.30	155	95	4	5	40	11	2	4		316

**Tabel 4. 13 Volume Lalu Lintas *weekday* Ruas Tongas -
Probolinggo Barat Arah Barat**

Waktu		Gol I				Gol II	Gol III	Gol IV	Gol V	Total
	SM	KR	KBM	BB	KBM	TB	TB	TB	TB	
11.00-11.15	153	72	0	6	17	10	1	1		260
11.15-11.30	163	91	0	7	24	4	2	1		292
11.30-11.45	148	76	1	3	24	5	2	2		261
11.45-12.00	131	78	0	7	24	5	1	2		248
12.00-12.15	156	76	0	3	26	10	1	2		274
12.15-12.30	121	63	0	4	22	8	2	1		221
12.30-12.45	144	73	0	6	30	12	2	5		272
12.45-13.00	135	64	1	10	32	4	2	6		254
13.00-13.15	125	92	0	7	28	5	6	2		265
13.15-13.30	144	65	0	6	26	2	2	4		249
13.30-13.45	125	87	0	8	18	9	1	3		251
13.45-14.00	140	92	0	4	26	6	1	2		271
14.00-14.15	138	94	0	5	36	5	2	3		283
14.15-14.30	123	82	2	6	41	7	4	5		270
14.30-14.45	124	76	2	2	27	8	2	6		247
14.45-15.00	110	83	3	5	35	9	1	6		252
15.00-15.15	118	86	3	5	39	7	1	2		261
15.15-15.30	117	78	2	3	40	11	2	5		258
15.30-15.45	115	65	2	4	26	7	1	3		223
15.45-16.00	239	86	2	5	36	6	3	5		382
16.00-16.15	311	101	3	4	52	7	2	9		489
16.15-16.30	241	85	2	5	35	8	2	3		381
16.30-16.45	258	124	2	7	39	5	4	3		442
16.45-17.00	199	80	2	7	37	10	2	0		337
17.00-17.15	246	92	2	3	14	5	0	2		364
17.15-17.30	189	78	3	2	15	7	1	1		296

Tabel 4. 14 Volume Lalu Lintas *weekday* Ruas Probolinggo Barat
- Probolinggo Timur (Jalan Ring Road) Arah Timur

Waktu	Gol I				Gol II	Gol III	Gol IV	Gol V	Total
	SM	KR	KBM	BB	KBM	TB	TB	TB	
11.00-11.15	63	22	1	1	15	6	0	0	108
11.15-11.30	79	48	1	4	27	9	3	0	171
11.30-11.45	83	47	3	6	21	12	1	2	175
11.45-12.00	80	39	3	4	15	16	0	1	158
12.00-12.15	72	22	6	2	32	11	2	0	147
12.15-12.30	65	37	4	1	17	15	1	0	140
12.30-12.45	78	15	4	4	18	6	1	0	126
12.45-13.00	88	45	3	2	15	6	2	0	161
13.00-13.15	75	43	2	4	16	13	1	4	158
13.15-13.30	88	60	5	6	19	6	0	1	185
13.30-13.45	64	36	3	6	27	15	1	0	152
13.45-14.00	61	32	1	2	30	6	4	0	136
14.00-14.15	86	35	1	4	34	7	3	0	170
14.15-14.30	67	29	4	4	26	3	3	0	136
14.30-14.45	72	39	5	2	23	6	5	0	152
14.45-15.00	74	45	3	4	18	12	4	2	162
15.00-15.15	78	52	5	4	24	8	2	0	173
15.15-15.30	85	46	2	5	35	6	1	0	180
15.30-15.45	63	34	4	5	34	11	2	1	154
15.45-16.00	82	43	1	5	19	11	0	0	161
16.00-16.15	91	34	1	3	27	5	6	1	168
16.15-16.30	99	37	2	3	27	12	0	1	181
16.30-16.45	87	40	4	4	28	15	5	1	184
16.45-17.00	87	35	1	4	28	18	1	1	175
17.00-17.15	95	36	2	3	26	17	1	0	180
17.15-17.30	89	40	3	4	30	21	2	0	189

Tabel 4. 15 Volume Lalu Lintas *weekday* Ruas Probolinggo Barat
- Probolinggo Timur (Jalan Ring Road) Arah Barat

Waktu	Gol I				Gol II	Gol III	Gol IV	Gol V	Total
	SM	KR	KBM	BB	KBM	TB	TB	TB	
11.00-11.15	35	30	1	1	14	5		1	87
11.15-11.30	51	27	1	3	11	9	2	1	105
11.30-11.45	78	30	5	3	16	8	3	2	145
11.45-12.00	72	28	5	4	12	9	3	2	135
12.00-12.15	73	35	1	4	28	12	1	2	156
12.15-12.30	64	30	3	3	20	8	2	9	139
12.30-12.45	77	19	4	3	21	4	3	1	132
12.45-13.00	95	36	4	5	20	8	2	1	171
13.00-13.15	76	31	3	3	20	3	4	0	140
13.15-13.30	55	15	4	1	15	3	1	0	94
13.30-13.45	97	41	1	2	23	8	2	1	175
13.45-14.00	90	22	2	1	18	2	0	1	136
14.00-14.15	98	27	2	1	15	4	0	1	148
14.15-14.30	80	36	4	1	23	4	0	1	149
14.30-14.45	94	32	2	2	22	5	3	3	163
14.45-15.00	87	28	2	2	26	3	3	2	153
15.00-15.15	109	39	1	2	18	6	6	3	184
15.15-15.30	90	40	4	3	27	7	3	1	175
15.30-15.45	85	32	1	2	25	9	1	4	159
15.45-16.00	81	44	3	4	24	14	2	1	173
16.00-16.15	111	36	1	1	20	3	1	3	176
16.15-16.30	94	32	2	4	27	6	0	1	166
16.30-16.45	93	31	1	1	23	3	0	0	152
16.45-17.00	107	45	6	8	19	9	4	2	200
17.00-17.15	90	34	1	3	29	10	1	1	169
17.15-17.30	95	42	2	4	34	9	1	2	189

Tabel 4. 16 Volume Lalu Lintas *weekday* Ruas Probolinggo Barat - Probolinggo Timur (Jalan Kota) Arah Timur

Waktu	Gol I				Gol II	Gol III	Gol IV	Gol V	Total
	SM	KR	KBM	BB	KBM	TB	TB	TB	
11.00-11.15	289	124	1	0	2	1	0	0	417
11.15-11.30	278	143	1	2	3	0	0	0	427
11.30-11.45	293	134	0	3	4	0	0	0	434
11.45-12.00	305	127	1	0	4	1	0	0	438
12.00-12.15	267	132	1	2	5	0	0	0	407
12.15-12.30	277	98	0	2	5	0	0	0	382
12.30-12.45	263	113	1	0	3	0	0	0	380
12.45-13.00	282	162	0	1	8	0	1	0	454
13.00-13.15	225	107	0	0	6	0	0	0	338
13.15-13.30	222	116	1	3	9	0	0	0	351
13.30-13.45	273	118	3	0	9	0	0	0	403
13.45-14.00	204	120	0	3	6	1	1	0	335
14.00-14.15	252	121	1	2	4	0	0	0	380
14.15-14.30	240	119	1	0	5	1	0	0	366
14.30-14.45	245	115	5	0	5	1	0	0	371
14.45-15.00	304	132	0	2	2	0	0	0	440
15.00-15.15	329	142	2	1	4	1	0	0	479
15.15-15.30	359	121	4	1	4	1	0	0	490
15.30-15.45	342	110	3	0	3	0	0	0	458
15.45-16.00	380	105	1	0	7	0	0	0	493
16.00-16.15	432	119	1	1	8	0	0	0	561
16.15-16.30	410	142	1	0	7	0	0	0	560
16.30-16.45	355	120	2	1	6	0	0	0	484
16.45-17.00	413	134	3	1	8	0	0	1	560
17.00-17.15	507	107	1	0	6	1	0	0	622
17.15-17.30	480	91	3	3	2	1	0	0	580

Tabel 4. 17 Volume Lalu Lintas *weekday* Ruas Probolinggo Barat
- Probolinggo Timur (Jalan Kota) Arah Barat

Waktu	Gol I				Gol II	Gol III	Gol IV	Gol V	Total
	SM	KR	KBM	BB	KBM	TB	TB	TB	
11.00-11.15	231	105	0	1	8	1	0	0	346
11.15-11.30	256	102	3	0	10	0	0	0	371
11.30-11.45	293	120	0	0	9	0	0	0	422
11.45-12.00	281	111	0	1	8	1	0	0	402
12.00-12.15	238	105	0	0	5	0	0	0	348
12.15-12.30	297	105	0	0	11	0	0	0	413
12.30-12.45	261	95	1	1	4	0	0	0	362
12.45-13.00	283	116	0	0	8	1	0	0	408
13.00-13.15	191	72	4	2	12	0	0	0	281
13.15-13.30	237	104	1	0	4	0	0	0	346
13.30-13.45	220	106	0	1	6	0	0	0	333
13.45-14.00	199	102	0	1	5	0	0	1	308
14.00-14.15	231	113	0	0	4	0	0	0	348
14.15-14.30	234	100	1	0	5	2	1	0	343
14.30-14.45	252	129	0	0	5	0	0	0	386
14.45-15.00	282	124	2	1	2	0	0	0	411
15.00-15.15	294	112	0	0	9	0	0	0	415
15.15-15.30	286	114	0	0	8	1	0	0	409
15.30-15.45	277	119	2	1	10	0	0	0	409
15.45-16.00	297	104	0	0	7	0	0	0	408
16.00-16.15	394	128	0	2	15	0	0	0	539
16.15-16.30	338	109	3	3	0	0	0	0	453
16.30-16.45	248	86	0	1	12	0	0	0	347
16.45-17.00	271	125	3	2	4	0	0	0	405
17.00-17.15	338	75	1	1	4	3	1	0	423
17.15-17.30	457	132	2	4	9	0	0	0	604

4.3.2. Waktu Pelayanan

Pada perencanaan gerbang tol Pasuruan - Probolinggo ini direncanakan menggunakan 3 jenis gardu tol, yaitu gardu tol konvensional (tunai), gardu tol otomatis, dan gardu tol *on board unit*. Pada peraturan Menteri Pekerjaan Umum Republik Indonesia Nomor 16/PRT/M/2014 tentang Standar Pelayanan Minimal Jalan Tol, telah ditetapkan mengenai standar waktu pelayanan untuk gardu tol konvensional (tunai) dan gardu tol otomatis, namun belum mengatur tentang waktu pelayanan gardu tol *on board unit*. Sehingga dilakukan survei untuk mengetahui waktu pelayanan gardu tol *on board unit* pada tol lain yang sudah ada. Hasil survei waktu pelayanan gardu tol disajikan pada tabel berikut:

Tabel 4. 18 Waktu Pelayanan Gardu Tol Konvensional

No	Golongan	Waktu Transaksi
1	1	6.04
2	1	11.83
3	1	6.43
4	1	8.02
5	1	9.89
6	1	4.74
7	1	6.09
8	1	7.74
9	1	3.27
10	1	5.97
11	1	6.30
12	1	6.40
13	1	8.49
14	1	5.86
15	1	8.32
16	1	6.27

Tabel 4. 18 Waktu Pelayanan Gardu Tol Konvensional (Lanjutan)

No	Golongan	Waktu Transaksi
17	1	6.15
18	1	11.67
19	1	5.60
20	1	12.23
21	1	5.86
22	1	7.17
23	1	5.38
24	1	5.70
25	1	5.80
26	1	4.02
27	1	8.69
28	1	6.71
29	1	5.18
30	1	7.43
31	1	7.81
32	1	5.33
33	1	4.41
34	1	9.90
35	1	8.34
36	1	5.49
37	1	6.25
38	1	6.81
39	1	6.40
40	1	7.16
41	1	5.62
42	1	6.53
43	1	6.57

Tabel 4. 18 Waktu Pelayanan Gardu Tol Konvensional (Lanjutan)

No	Golongan	Waktu Transaksi
44	1	4.59
45	1	4.96
46	1	7.61
47	1	7.48
48	1	5.25
49	1	8.15
50	1	8.36

Tabel 4. 19 Waktu Pelayanan Gardu Tol Otomatis

No	Golongan	Waktu Transaksi
1	1	5.91
2	1	7.50
3	1	4.20
4	1	7.60
5	1	3.91
6	1	5.28
7	1	7.42
8	1	6.94
9	1	5.57
10	1	6.40
11	1	6.72
12	1	4.46
13	1	6.60
14	1	5.96
15	1	7.53
16	1	6.33
17	1	5.15

Tabel 4. 19 Waktu Pelayanan Gardu Tol Otomatis (Lanjutan)

No	Golongan	Waktu Transaksi
18	1	8.12
19	1	4.92
20	1	5.08
21	1	5.73
22	1	4.73
23	1	8.62
24	1	7.80
25	1	6.27
26	1	6.70
27	1	6.51
28	1	7.23
29	1	4.45
30	1	7.88
31	1	8.60
32	1	4.46
33	1	5.46
34	1	6.73
35	1	7.89
36	1	8.16
37	1	10.90
38	1	6.92
39	1	10.73
40	1	6.73
41	1	5.38
42	1	6.47
43	1	8.06
44	1	5.72

Tabel 4. 19 Waktu Pelayanan Gardu Tol Otomatis (Lanjutan)

No	Golongan	Waktu Transaksi
45	1	4.80
46	1	5.28
47	1	6.81
48	1	9.37
49	1	10.56
50	1	5.20

Tabel 4. 20 Waktu Pelayanan Gardu Tol *on board unit*

No	Golongan	Waktu Transaksi
1	1	4.44
2	1	4.01
3	1	4.1
4	1	3.6
5	1	3.8
6	1	4.15
7	1	3.56
8	1	4.11
9	1	4.2
10	1	3.95

BAB V

ANALISIS DAN PEMBAHASAN

5.1. Matriks Asal Tujuan

Data volume lalu lintas jalan tol rencana pada bab IV merupakan jumlah perjalanan tiap seksi pada tol Pasuruan - Probolinggo, sehingga harus dilakukan pembebanan untuk melihat berapa jumlah kendaraan yang akan masuk dan keluar jalan tol. Pembebanan dilakukan dengan cara membuat matriks asal tujuan dengan menggunakan *trip assignment all or nothing* yang dikombinasikan dengan metode furness.

Volume lalu lintas jalan tol rencana yang ada terlebih dahulu ditentukan proporsi kendaraan yang menuju ke arah barat dan kendaraan yang menuju ke arah timur dengan menggunakan data volume lalu lintas jalan eksisting. Karena terdapat 2 data volume lalu lintas jalan eksisting (*weekend* dan *weekday*), maka untuk menentukan proporsi mana yang dipakai, dicari arus jam puncak untuk tiap seksi jalan eksisting. Kemudian digunakan proporsi dari volume lalu lintas jalan eksisting yang memiliki total arus jam puncak terbesar.

Berikut adalah contoh perhitungan arus jam puncak pada ruas Grati - Tongas arah timur *weekend*:

Ruas Grati - Tongas	Arah Timur								Total	Jam Puncak (Kendaraan/jam)
Waktu	Gol I				Gol II	Gol III	Gol IV	Gol V		
	SM	KR	KBM	BB	KBM	TB	TB	TB		
11.00-11.15	175	112	2	4	15	10	1	3	322	
11.15-11.30	205	114	4	5	18	12	0	2	360	
11.30-11.45	213	131	2	7	20	6	0	6	385	
11.45-12.00	187	138	2	9	10	14	0	2	362	1429
12.00-12.15	160	145	1	8	23	9	0	1	347	1454

12.15-12.30	175	135	5	6	21	4	0	0	346	1440
12.30-12.45	191	156	10	10	20	3	1	1	392	1447
12.45-13.00	142	109	2	4	7	3	0	0	267	1352
13.00-13.15	143	112	1	4	12	6	0	2	280	1285
13.15-13.30	162	118	4	4	16	3	0	0	307	1246
13.30-13.45	156	110	5	5	17	4	0	0	297	1151
13.45-14.00	164	113	6	2	16	5	0	1	307	1191
14.00-14.15	133	105	4	3	12	7	1	0	265	1176
14.15-14.30	125	121	2	3	17	4	0	2	274	1143
14.30-14.45	131	105	2	2	8	5	1	0	254	1100
14.45-15.00	143	115	3	6	11	5	0	0	283	1076
15.00-15.15	152	106	2	4	10	3	0	1	278	1089
15.15-15.30	170	115	4	5	10	3	0	1	308	1123
15.30-15.45	115	85	2	4	9	1	0	0	216	1085
15.45-16.00	163	136	7	5	13	8	0	3	335	1137
16.00-16.15	148	115	6	3	9	4	0	1	286	1145
16.15-16.30	147	118	9	2	10	2	0	1	289	1126
16.30-16.45	107	132	0	1	7	4	0	1	252	1162
16.45-17.00	103	118	8	3	12	4	0	1	249	1076
17.00-17.15	97	125	4	2	4	3	1	2	238	1028
17.15-17.30	123	103	5	4	5	3	0	1	244	983

Max 1454

Dari data volume lalu lintas jalan eksisting di atas, didapatkan jumlah kendaraan pada arus jam puncak sebanyak 1454 kendaraan/jam. Untuk menganalisis arus kendaraan terbesar dilakukan dengan cara mengakumulasikan volume kendaraan per 15 menit menjadi volume kendaraan dalam 1 jam. Setelah itu dipilih kondisi dengan jumlah kendaraan yang paling besar.

Tabel 4. 21 Arus Jam Puncak *weekend*

Ruas	Jam Puncak (<i>weekend</i>)		
	Arah Timur	Arah Barat	Total
Grati - Tongas	1454	1551	3005
Tongas - Probolinggo Barat	1424	1694	3118
Probolinggo Barat - Probolinggo Timur	612	937	1549
Probolinggo Barat - Probolinggo Timur	1202	1537	2739

10411

Tabel 4. 22 Arus Jam Puncak *weekday*

Ruas	Jam Puncak (<i>weekday</i>)		
	Arah Timur	Arah Barat	Total
Grati - Tongas	1432	1249	2681
Tongas - Probolinggo Barat	1576	1694	3270
Probolinggo Barat - Probolinggo Timur	728	710	1438
Probolinggo Barat - Probolinggo Timur	2246	1809	4055

11444

Pada tabel 4.21 dan tabel 4.22 dapat dilihat bahwa volume lalu lintas jalan eksisting pada *weekday* memiliki jumlah kendaraan pada arus jam puncak yang lebih banyak. Sehingga volume lalu lintas jalan eksisting *weekday* digunakan untuk

mencari proporsi kendaraan yang menuju arah barat dan kendaraan yang menuju arah timur.

Ruas Grati - Tongas:

$$\text{Arah timur} = \frac{1432}{2681} \times 100\% = 53 \%$$

$$\text{Arah Barat} = \frac{1249}{2681} \times 100\% = 47 \%$$

Ruas Tongas - Probolinggo Barat:

$$\text{Arah timur} = \frac{1576}{3270} \times 100\% = 48 \%$$

$$\text{Arah Barat} = \frac{1694}{3270} \times 100\% = 52 \%$$

Ruas Probolinggo Barat - Probolinggo Timur:

$$\text{Arah timur} = \frac{728 + 2246}{1438 + 4055} \times 100\% = 54 \%$$

$$\text{Arah Barat} = \frac{710 + 1809}{1438 + 4055} \times 100\% = 46 \%$$

Hasil persentase proporsi di atas kemudian dikalikan dengan data sekunder volume lalu lintas jalan tol rencana. Sehingga didapatkan volume lalu lintas jalan tol rencana menurut arah pada tahun 2017 sebagai berikut:

Tabel 5. 1 Volume Lalu Lintas Jalan Tol Rencana tahun 2017

Ruas	Gol I	Gol II	Gol III	Gol IV	Gol V
Grati - Tongas	5128	2482	709	536	237
Tongas - Grati	4473	2165	619	468	206
Tongas - Probolinggo Barat	4226	2045	585	442	195
Probolinggo Barat - Tongas	4542	2199	628	475	209
Probolinggo Barat - Probolinggo Timur	3956	1915	547	414	182
Probolinggo Timur - Probolinggo Barat	3351	1622	464	350	155

Contoh perhitungan ruas Grati - Tongas (arah timur):

Golongan I = $9601 \times 53\% = 5128$ kendaraan/hari

Golongan II = $4647 \times 53\% = 2482$ kendaraan/hari

Golongan III = $1328 \times 53\% = 709$ kendaraan/hari

Golongan IV = $1004 \times 53\% = 536$ kendaraan/hari

Golongan V = $443 \times 53\% = 237$ kendaraan/hari

Untuk membuat matriks asal tujuan pada jalan tol pasuruan - probolinggo, dibutuhkan data volume kendaraan dari jalan tol sebelumnya yaitu jalan tol Gempol - Pasuruan. Data yang dibutuhkan adalah volume pada ruas Pasuruan - Grati, yang didapatkan dari tugas akhir yang sudah ada yaitu Analisis Kinerja Pelayanan Pintu Tol Gempol - Pasuruan (Pranata dan Widyastuti, 2016). Adapun hasil yang diperoleh sebagai berikut:

Tabel 5. 2 Volume Lalu Lintas Jalan Tol Gempol - Pasuruan tahun 2017

Ruas	Gol I	Gol II	Gol III	Gol IV	Gol V
Pasuruan - Grati	2947	53	12	28	1
Grati - Pasuruan	2947	53	12	28	1

Setelah didapatkan data volume lalu lintas pada tiap ruas jalan tol rencana, langkah selanjutnya yaitu melakukan *trip assignment all or nothing* yang dikombinasikan dengan metode furness dalam membuat matrik asal tujuannya. Matriks asal tujuan untuk kendaraan golongan I - golongan V dapat dilihat pada tabel 5.2 - tabel 5.6 dibawah ini. Sedangkan untuk proses pembuatan matriks asal tujuan kendaraan golongan I - golongan V dapat dilihat pada lampiran.

Tabel 5. 3 Matriks Asal Tujuan Kendaraan Golongan I

	Pasuruan	Grati	Tongas	Probolinggo Barat	Probolinggo Timur
Pasuruan	0	657	641	657	993
Grati	714	0	659	676	1022
Tongas	641	606	0	606	917
Probolinggo Barat	715	676	660	0	1024
Probolinggo Timur	878	831	811	831	0

Tabel 5. 4 Matriks Asal Tujuan Kendaraan Golongan II

	Pasuruan	Grati	Tongas	Probolinggo Barat	Probolinggo Timur
Pasuruan	0	14	14	14	12
Grati	14	0	723	723	633
Tongas	14	725	0	726	635
Probolinggo Barat	14	725	726	0	635
Probolinggo Timur	10	537	537	537	0

Tabel 5. 5 Matriks Asal Tujuan Kendaraan Golongan III

	Pasuruan	Grati	Tongas	Probolinggo Barat	Probolinggo Timur
Pasuruan	0	3	3	3	3
Grati	3	0	173	172	182
Tongas	3	173	0	172	182
Probolinggo Barat	3	170	170	0	179
Probolinggo Timur	3	154	154	153	0

Tabel 5. 6 Matriks Asal Tujuan Kendaraan Golongan IV

	Pasuruan	Grati	Tongas	Probolinggo Barat	Probolinggo Timur
Pasuruan	0	7	7	7	7
Grati	7	0	138	139	135
Tongas	7	138	0	139	135
Probolinggo Barat	7	140	140	0	137
Probolinggo Timur	6	115	115	115	0

Tabel 5. 7 Matriks Asal Tujuan Kendaraan Golongan V

	Pasuruan	Grati	Tongas	Probolinggo Barat	Probolinggo Timur
Pasuruan	0	0	0	0	0
Grati	0	0	65	64	61
Tongas	0	65	0	64	61
Probolinggo Barat	0	63	63	0	60
Probolinggo Timur	0	52	52	51	0

5.2. Analisis Tingkat Kedatangan

Matriks asal tujuan tiap golongan pada bab IV merupakan data lalu lintas harian rata rata tahunan berdasarkan asal dan tujuan kendaraan. Matriks asal tujuan ini perlu dikalikan dengan faktor k, yaitu faktor pengubah LHRT menjadi arus jam puncak. Mengacu pada Pedoman Kapasitas Jalan Indonesia (PKJI) 2014, pada tabel A.6 digunakan faktor k sebesar 0,11.

Tipe	JBH4/2	JBH6/2
Fungsi jalan	Arteri atau kolektor	Arteri atau kolektor
Jalur lalu lintas	2x2 lajur (masing-masing lebar lajur 3,50m)	3x2 lajur (masing-masing lebar lajur 3,50m)
Median	Ada	Ada
Bahu jalan	Lebar bahu efektif rata-rata: <ul style="list-style-type: none"> • 3,0m (dalam 0,50m dan luar 2,50m) per arah pada medan datar dan perbukitan; • 2,0m (dalam 0,25m dan luar 1,50m) per arah pada medan pegunungan. 	Lebar bahu efektif rata-rata: <ul style="list-style-type: none"> • 3,0m (dalam 0,50m dan luar 2,50m) per arah pada medan datar dan perbukitan; • 2,0m (dalam 0,25m dan luar 1,50m) per arah pada medan pegunungan.
Jarak pandang	75% dari segmen mempunyai jarak pandang $\geq 300\text{m}$ (KJP = A)	75% dari segmen mempunyai jarak pandang $\geq 300\text{m}$ (KJP = A)
Tipe alinemen	Datar, bukit, atau gunung	Datar, bukit, atau gunung
Lingkungan	Daerah luar kota	Daerah luar kota (umumnya pedalaman)
Komposisi lalu lintas	KR 63%; KS 25%; BB 8%; TR+TB 4%	KR 63%; KS 25%; BB 8%; TR+TB 4%
Faktor k	0,11 ($q_{JP} = 0,11 \text{ LHRT}$)	0,11 ($q_{JP} = 0,11 \text{ LHRT}$)
Pemisahan arah	50/50	50/50

Gambar 5. 1 Anggapan umum untuk perencanaan tipikal JBH4/2 dan JBH6/2 yang ideal

Contoh perhitungan pengalihan matriks asal tujuan dengan faktor k sebagai berikut:

Jumlah kendaraan golongan I arah Grati ke Tongas = 659 kendaraan/hari.

Faktor $k = 0,11$

Jumlah kendaraan pada jam puncak = $659 \times 0,11 = 72,47 \approx 72$ kendaraan/hari

Matriks asal tujuan untuk golongan I - V setelah dikalikan dengan faktor k dapat dilihat pada tabel berikut:

Tabel 5. 8 Matriks Asal Tujuan Arus Jam Puncak Kendaraan
Golongan I

	Pasuruan	Grati	Tongas	Probolinggo Barat	Probolinggo Timur
Pasuruan	0	72	70	72	109
Grati	79	0	72	74	112
Tongas	70	67	0	67	101
Probolinggo Barat	79	74	73	0	113
Probolinggo Timur	97	91	89	91	0

Tabel 5. 9 Matriks Asal Tujuan Arus Jam Puncak Kendaraan
Golongan II

	Pasuruan	Grati	Tongas	Probolinggo Barat	Probolinggo Timur
Pasuruan	0	2	2	2	1
Grati	2	0	80	80	70
Tongas	2	80	0	80	70
Probolinggo Barat	2	80	80	0	70
Probolinggo Timur	1	59	59	59	0

Tabel 5. 10 Matriks Asal Tujuan Arus Jam Puncak Kendaraan
Golongan III

	Pasuruan	Grati	Tongas	Probolinggo Barat	Probolinggo Timur
Pasuruan	0	0	0	0	0
Grati	0	0	19	19	20
Tongas	0	19	0	19	20
Probolinggo Barat	0	19	19	0	20
Probolinggo Timur	0	17	17	17	0

Tabel 5. 11 Matriks Asal Tujuan Arus Jam Puncak Kendaraan
Golongan IV

	Pasuruan	Grati	Tongas	Probolinggo Barat	Probolinggo Timur
Pasuruan	0	1	1	1	1
Grati	1	0	15	15	15
Tongas	1	15	0	15	15
Probolinggo Barat	1	15	15	0	15
Probolinggo Timur	1	13	13	13	0

Tabel 5. 12 Matriks Asal Tujuan Arus Jam Puncak Kendaraan Golongan V

	Pasuruan	Grati	Tongas	Probolinggo Barat	Probolinggo Timur
Pasuruan	0	0	0	0	0
Grati	0	0	7	7	7
Tongas	0	7	0	7	7
Probolinggo Barat	0	7	7	0	7
Probolinggo Timur	0	6	6	6	0

Setelah matriks asal tujuan dikalikan dengan faktor k maka didapatkan matriks asal tujuan pada arus jam puncak. Selanjutnya yaitu mendistribusikan kendaraan masing-masing golongan ke tiap-tiap gerbang tol Pasuruan - Probolinggo yang direncanakan. Karena pada jalan tol pasuruan probolinggo ini direncanakan gerbang tol sistem tertutup, maka distribusi kendaraan bisa didapatkan dari hasil penjumlahan matriks asal tujuan, penjumlahan secara horizontal untuk mendapatkan jumlah kendaraan yang masuk ke gerbang, dan penjumlahan secara vertikal untuk mendapatkan jumlah kendaraan yang keluar dari gerbang. Distribusi kendaraan pada tiap tiap gerbang tol dapat dilihat pada tabel berikut:

Tabel 5. 13 Jumlah Kendaraan Masuk Tiap Gerbang

Golongan	Jumlah Kendaraan Masuk ke Gerbang (Kend/Jam)				Jumlah Kendaraan
	Grati	Tongas	Probolinggo Barat	Probolinggo Timur	
I	338	305	338	369	1349
II	230	231	231	178	871
III	58	58	58	51	225
IV	46	46	47	39	178
V	21	21	21	17	79

Tabel 5. 14 Jumlah Kendaraan Keluar Tiap Gerbang

Golongan	Jumlah Kendaraan Keluar dari Gerbang (Kend/Jam)				Jumlah Kendaraan
	Grati	Tongas	Probolinggo Barat	Probolinggo Timur	
I	305	305	305	435	1349
II	220	220	220	211	871
III	55	55	55	60	225
IV	44	44	44	46	178
V	20	20	20	20	79

Contoh perhitungan distribusi kendaraan sebagai berikut:

Jumlah kendaraan golongan I yang masuk ke gerbang

$$\text{Grati} = 79 + 0 + 72 + 74 + 112 = 338$$

Jumlah kendaraan golongan I yang keluar dari gerbang

$$\text{Grati} = 72 + 0 + 67 + 74 + 91 = 305$$

Data distribusi kendaraan diatas masih berupa kendaraan/jam, dan harus diubah menjadi emp/jam dengan dikalikan faktor ekr (ekivalen kendaraan ringan). Faktor pengali ekr dapat dilihat pada Pedoman Kapasitas Jalan Indonesia (PKJI) 2014 tabel B.1 dan tabel B.2.

Tabel 5. 15 Ekivalen Kendaraan Ringan untuk Jalan Bebas Hambatan 4/2

Tipe alinemen	q per arah (kend/jam)	Ekr		
		KS	BB	TB
Datar	0	1,2	1,2	1,6
	1250	1,4	1,4	2,0
	2250	1,6	1,7	2,5
	≥ 2800	1,3	1,5	2,0
Bukit	0	1,8	1,6	4,8
	900	2,0	2,0	4,6
	1700	2,2	2,3	4,3
	≥ 2250	1,8	1,9	3,5
Gunung	0	3,2	2,2	5,5
	700	2,9	2,6	5,1
	1450	2,6	2,9	4,8
	≥ 2000	2,0	2,4	3,8

Faktor pengali EKR berbeda tiap kondisinya, dilihat dari tipe alinemen dan jumlah kendaraan. Karea jalan tol pasuruan probolinggo ini direncanakan 4/2-T, dan tipe alinemen yang datar

serta jumlah kendaraan perjam tidak mencapai 1250, maka di pakai faktor ekr untuk $KS = 1,2$ $BB = 1,2$ dan $TB = 1,6$. Untuk golongan I dikalikan KS, golongan II dikalikan BB, dan golongan III - golongan V dikalikan TB. Berikut distribusi kendaraan tiap tiap gerbang setelah dikalikan faktor EKR.

Tabel 5. 16 Jumlah Kendaraan (emp) Masuk Tiap Gerbang

Golongan	Jumlah Kendaraan Masuk ke Gerbang (emp/Jam)				Jumlah Kendaraan
	Grati	Tongas	Probolinggo Barat	Probolinggo Timur	
I	338	305	338	369	1349
II	276	277	277	214	1045
III	93	93	92	82	360
IV	74	74	75	62	284
V	33	33	33	27	127

Tabel 5. 17 Jumlah Kendaraan (emp) Keluar Tiap Gerbang

Golongan	Jumlah Kendaraan Keluar dari Gerbang (emp/Jam)				Jumlah Kendaraan
	Grati	Tongas	Probolinggo Barat	Probolinggo Timur	
I	305	305	305	435	1349
II	264	264	264	253	1045
III	88	88	88	96	360
IV	70	70	70	73	284
V	32	32	32	32	127

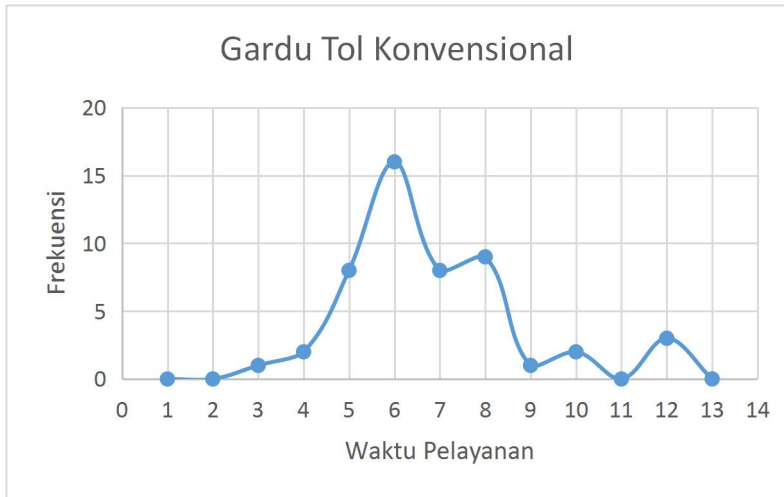
5.3. Analisis Waktu Pelayanan

Pada perencanaan gerbang tol Pasuruan - Probolinggo menggunakan gerbang tol konvensional, gerbang tol otomatis, dan gerbang tol *on board unit*, sehingga perlu diadakannya analisis waktu pelayanan untuk tiap jenis gerbang. Data waktu pelayanan tiap jenis gerbang tol diperoleh dari survei yang dilakukan pada gerbang tol Kapuk. survei dilakukan pada gerbang tol konvensional, gerbang tol otomatis, dan gerbang tol *on board unit*.

Data waktu pelayanan yang ada terlebih dahulu dicari frekuensi, frekuensi kumulatif, dan persentase untuk setiap detiknya. Kemudian dilihat apakah terdapat data outlier, dan jika ada maka data outlier tersebut dihapus terlebih dahulu. Berikut tabel dan grafik frekuensi gardu tol konvensional berdasarkan hasil survei.

Tabel 5. 18 Frekuensi Waktu Pelayanan Gardu Tol Konvensional

WP	Frekuensi	Frekuensi Kumulatif	Persentase	Persentase Kumulatif
1	0	0	0.00%	0%
2	0	0	0.00%	0%
3	1	1	2.00%	2%
4	2	3	4.00%	6%
5	8	11	16.00%	22%
6	16	27	32.00%	54%
7	8	35	16.00%	70%
8	9	44	18.00%	88%
9	1	45	2.00%	90%
10	2	47	4.00%	94%
11	0	47	0.00%	94%
12	3	50	6.00%	100%
13	0	50	0.00%	100%

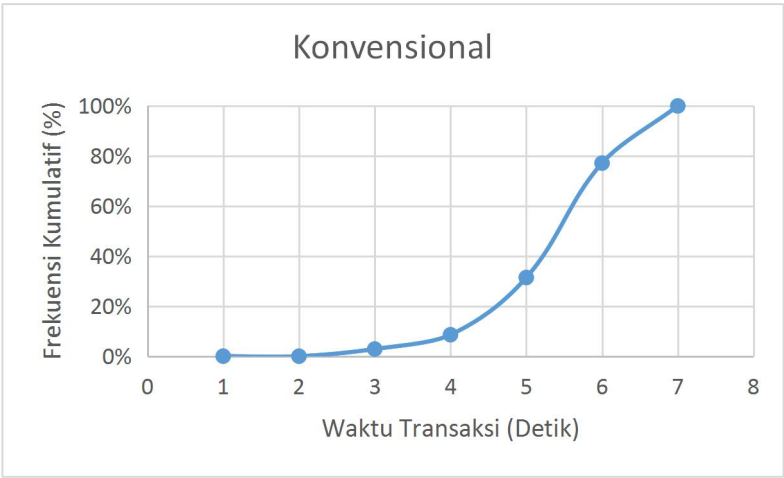


Gambar 5. 2 Grafik Frekuensi dan Waktu Pelayanan Gardu Tol Konvensional

Dari grafik frekuensi dan waktu pelayanan gardu tol konvensional dapat dilihat adanya data outlier. Data outlier pada grafik di atas terdapat pada detik 8 keatas, sehingga waktu pelayanan pada detik 8 keatas perlu dihapuskan. Data outlier dikarenakan tingkah laku pengendara yang tidak normal dalam melakukan transaksi sehingga membutuhkan waktu yang lebih lama. Berikut tabel dan grafik frekuensi waktu pelayanan gardu tol konvensional setelah dihilangkan data outlier:

Tabel 5. 19 Frekuensi Waktu Pelayanan Gardu Tol Konvensional
(2)

WP	Frekuensi	Frekuensi Kumulatif	Persentase	Persentase Kumulatif
1	0	0	0%	0%
2	0	0	0%	0%
3	1	1	3%	3%
4	2	3	6%	9%
5	8	11	23%	31%
6	16	27	46%	77%
7	8	35	23%	100%



Gambar 5. 3 Grafik Waktu Pelayanan Gardu Konvensional

Dari tabel dan grafik frekuensi waktu pelayanan di atas didapatkan data sebagai berikut:

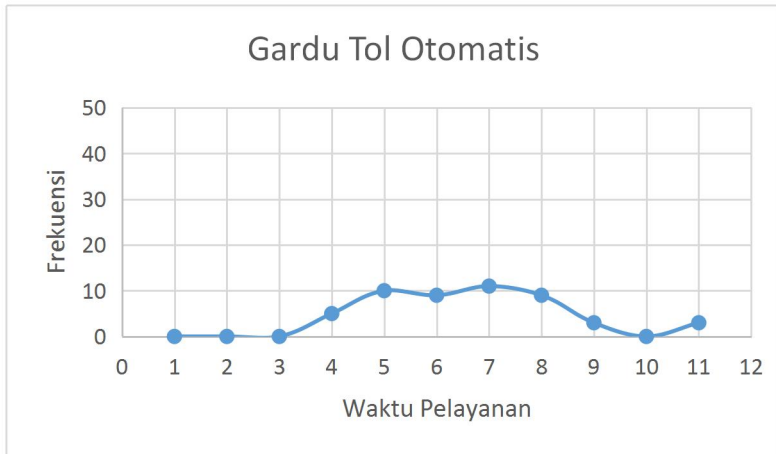
Median	= 6 detik
Modus	= 6 detik
Rata - rata waktu pelayanan	= 5.8 detik
Persentase kumulatif 50%	= 5.4 detik
Persentase kumulatif 75%	= 5.8 detik
Waktu Pelayanan	= 5.8 detik

Untuk menentukan waktu pelayanan gardu tol konvensional dilihat dari nilai rata-rata waktu pelayanan, persentase kumulatif 50%, dan persentase kumulatif 75%. Ketiga nilai tersebut kemudian dibandingkan dengan nilai median dan modus. Dan diambil nilai yang paling mendekati nilai median dan modus, yang dalam hal ini adalah nilai rata-rata waktu pelayanan yaitu 5.8 detik.

Untuk analisis waktu pelayanan gardu tol otomatis sama dengan cara menganalisis gardu tol konvensional. Berikut tabel dan grafik frekuensi gardu tol otomatis berdasarkan hasil survei.

Tabel 5. 20 Frekuensi Waktu Pelayanan Gardu Tol Otomatis

WP	Frekuensi	Frekuensi Kumulatif	Persentase	Persentase Kumulatif
1	0	0	0%	0%
2	0	0	0%	0%
3	0	0	0%	0%
4	5	5	10%	10%
5	10	15	20%	30%
6	9	24	18%	48%
7	11	35	22%	70%
8	9	44	18%	88%
9	3	47	6%	94%
10	0	47	0%	94%
11	3	50	6%	100%

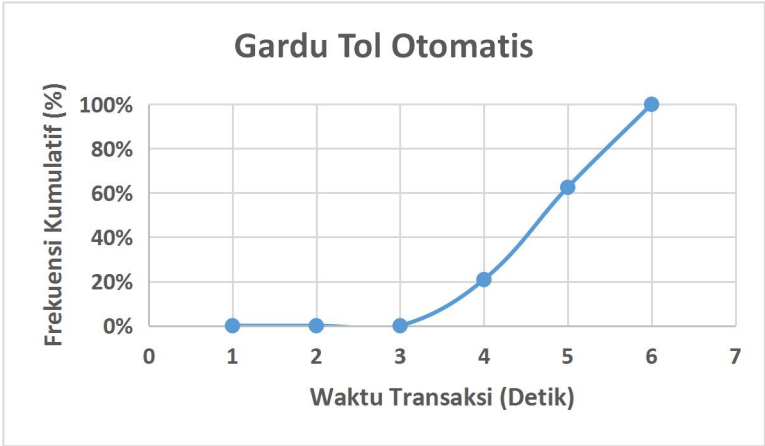


Gambar 5. 4 Grafik Frekuensi dan Waktu Pelayanan Gardu Tol Otomatis

Dari grafik frekuensi dan waktu pelayanan gardu tol otomatis dapat dilihat adanya data outlier. Data outlier pada grafik di atas terdapat pada detik 7 keatas, sehingga waktu pelayanan pada detik 8 keatas perlu dihapuskan. Berikut tabel dan grafik frekuensi waktu pelayanan gardu tol otomatis setelah dihilangkan data outlier:

Tabel 5. 21 Frekuensi Waktu Pelayanan Gardu Tol Otomatis (2)

WP	Frekuensi	Frekuensi Kumulatif	Persentase	Persentase Kumulatif
1	0	0	0%	0%
2	0	0	0%	0%
3	0	0	0%	0%
4	5	5	21%	21%
5	10	15	42%	63%
6	9	24	38%	100%



Gambar 5. 5 Grafik Waktu Pelayanan Gardu Tol Otomatis

Dari tabel dan grafik frekuensi waktu pelayanan di atas didapatkan data sebagai berikut:

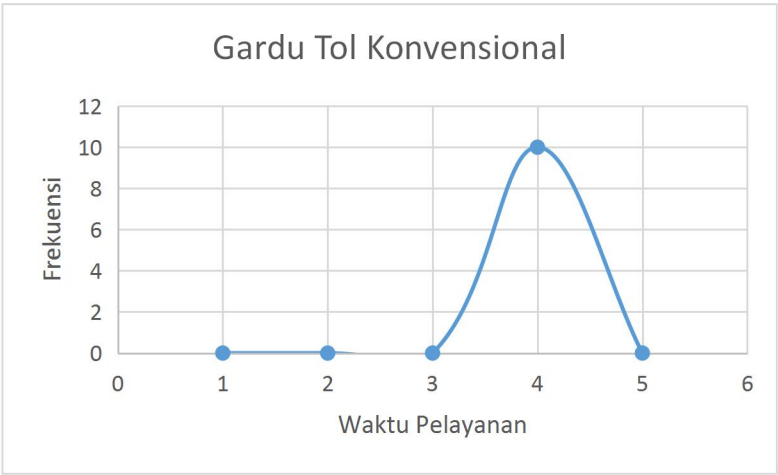
Median	= 5 detik
Modus	= 5 detik
Rata - rata waktu pelayanan	= 5.17 detik
Persentase kumulatif 50%	= 4.7 detik
Persentase kumulatif 75%	= 5.2 detik
Waktu Pelayanan	= 5.17 detik

Untuk menentukan waktu pelayanan gardu tol otomatis dilihat dari nilai rata-rata waktu pelayanan, persentase kumulatif 50%, dan persentase kumulatif 75%. Ketiga nilai tersebut kemudian dibandingkan dengan nilai median dan modus. Dan diambil nilai yang paling mendekati nilai median dan modus, yang dalam hal ini adalah nilai rata-rata waktu pelayanan yaitu 5.17 detik.

Berikut tabel dan grafik frekuensi gardu tol *on board unit* berdasarkan hasil survei.

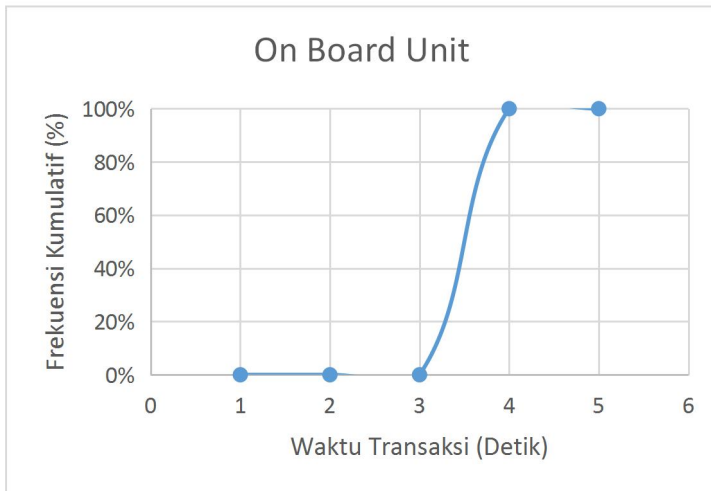
Tabel 5. 22 Frekuensi Waktu Pelayanan Gardu Tol *on board unit*

WP	Frekuensi	Frekuensi Kumulatif	Persentase	Persentase Kumulatif
1	0	0	0%	0%
2	0	0	0%	0%
3	0	0	0%	0%
4	10	10	100%	100%
5	0	10	0%	100%



Gambar 5. 6 Grafik Frekuensi dan Waktu Pelayanan Gardu Tol *on board unit*

Dari grafik frekuensi dan waktu pelayanan gardu tol *on board unit* dapat dilihat tidak adanya data outlier. Berikut grafik frekuensi waktu pelayanan gardu tol *on board unit*:



Gambar 5. 7 Grafik Waktu Pelayanan Gardu Tol *on board unit*

Dari tabel dan grafik frekuensi waktu pelayanan di atas didapatkan data sebagai berikut:

Median	= 4 detik
Modus	= 4 detik
Rata - rata waktu pelayanan	= 4 detik
Persentase kumulatif 50%	= 3.5 detik
Persentase kumulatif 75%	= 3.75 detik
Waktu Pelayanan	= 4 detik

Untuk menentukan waktu pelayanan gardu tol otomatis dilihat dari nilai rata-rata waktu pelayanan, persentase kumulatif 50%, dan persentase kumulatif 75%. Ketiga nilai tersebut kemudian dibandingkan dengan nilai median dan modus. Dan diambil nilai yang paling mendekati nilai median dan modus, yang dalam hal ini adalah nilai rata-rata waktu pelayanan yaitu 4 detik.

5.4. Analisis Intensitas Lalu Lintas

Setelah menganalisis waktu pelayanan dan tingkat kedatangan pada setiap gerbang tol Pasuruan - Probolinggo, langkah selanjutnya yaitu menganalisis intensitas lalu lintas. Intensitas lalu lintas yang dianalisis yaitu intensitas gardu tol konvensional, gardu tol otomatis, dan gardu tol *on board unit* pada tiap gerbang tol Pasuruan - Probolinggo. Untuk menganalisis intensitas lalu lintas digunakan waktu pelayanan sesuai dengan standar pelayanan minimum menurut Peraturan Menteri Pekerjaan Umum Republik Indonesia Nomor 16/PRT/M/2014 tentang Standar Pelayanan Minimum Jalan Tol. Sedangkan untuk waktu pelayanan minimal gardu tol *on board unit*, digunakan waktu pelayanan hasil survei yang sudah di analisis. Perencanaan gerbang tol Pasuruan - Probolinggo menggunakan gerbang tol sistem tertutup, dimana pengemudi diharuskan mengambil kartu tol ketika masuk, dan mengembalikan serta membayar ketika keluar gerbang tol.

5.4.1. Analisis Intensitas Gerbang I

Perencanaan gerbang tol Pasuruan - Probolinggo menggunakan gardu tol konvensional, gardu tol otomatis, dan gardu tol *on board unit*. Namun pada perencanaan ini, untuk gardu tol otomatis dan gardu tol *on board unit* digabungkan menjadi satu, karena dilihat dari kondisi saat ini untuk penggunaan *on board unit* masih sedikit. Menurut Kementerian PUPR, saat ini tingkat penggunaan uang elektronik sebagai alat pembayaran tol hingga bulan Mei tahun 2017 baru sekitar 23% (KabarPUPR, 2017). Sehingga pada perencanaan gerbang tol Pasuruan - Probolinggo, untuk kendaraan golongan I menggunakan proporsi 75% masuk ke gardu konvensional, dan 25% masuk ke gardu tol otomatis. Dan untuk kendaraan golongan II - golongan IV hanya masuk ke gardu konvensional. Perhitungan analisis intensitas lalu lintas gerbang tol gratis sebagai berikut:

Gardu Tol Masuk :

Waktu pelayanan 1 adalah ambil kartu untuk gardu tol konvensional

Waktu pelayanan 2 adalah ambil kartu untuk gardu tol otomatis

Jumlah gardu tol konvensional : 2 gardu

Jumlah gardu tol otomatis : 1 gardu

λ golongan I : 338 emp/jam

λ golongan II - V : 477 emp/jam

λ gardu tol konvensional : $75\% \times \frac{388}{2} + \frac{477}{2}$
: 365 emp/jam

λ gardu tol otomatis : $25\% \times \frac{388}{1}$
: 84 emp/jam

Waktu Pelayanan 1 : 5 detik

$\mu 1$: $\frac{3600}{5} = 720$ emp/jam

Waktu Pelayanan 2 : 4 detik

$\mu 2$: $\frac{3600}{4} = 900$ emp/jam

Gardu tol konvensional (ambil kartu) :

$$\rho 1 = \frac{\lambda 1}{\mu 1} < 1$$

$$\rho 1 = \frac{365}{720} < 1$$

$$\rho 1 = 0,507 < 1 \text{ (OK)}$$

Gardu tol otomatis (ambil kartu) :

$$\rho 2 = \frac{\lambda 2}{\mu 2} < 1$$

$$\rho 2 = \frac{84}{900} < 1$$

$$\rho_2 = 0,094 < 1 \text{ (OK)}$$

ρ_1 dan ρ_2 pada gerbang tol Grati arah masuk < 1 sehingga aman.

Gardu Tol Keluar :

Waktu pelayanan 1 adalah ambil kartu untuk gardu tol konvensional

Waktu pelayanan 2 adalah ambil kartu untuk gardu tol otomatis

Jumlah gardu tol konvensional : 2 gardu

Jumlah gardu tol otomatis : 1 gardu

λ golongan I : 305 emp/jam

λ golongan II - V : 454 emp/jam

$$\lambda \text{ gardu tol konvensional} : 75\% \times \frac{305}{2} + \frac{454}{2}$$

$$: 341 \text{ emp/jam}$$

$$\lambda \text{ gardu tol otomatis} : 25\% \times \frac{305}{1}$$

$$: 76 \text{ emp/jam}$$

Waktu Pelayanan 1 : 9 detik

$$\mu_1 : \frac{3600}{9} = 400 \text{ emp/jam}$$

Waktu Pelayanan 2 : 5.17 detik

$$\mu_2 : \frac{3600}{5} = 720 \text{ emp/jam}$$

Gardu tol konvensional (keluar) :

$$\rho_1 = \frac{\lambda_1}{\mu_1} < 1$$

$$\rho_1 = \frac{341}{400} < 1$$

$$\rho_1 = 0,853 < 1 \text{ (OK)}$$

Gardu tol otomatis (keluar) :

$$\rho_2 = \frac{\lambda_2}{\mu_2} < 1$$

$$\rho_2 = \frac{76}{720} < 1$$

$$\rho_2 = 0,106 < 1 \text{ (OK)}$$

ρ_1 dan ρ_2 pada gerbang tol Grati arah keluar < 1 sehingga aman.

5.4.2. Analisis Intensitas Gerbang II

Untuk menganalisis intensitas gerbang tol Tongas sama dengan analisis gerbang tol Grati. Perhitungan analisis intensitas lalu lintas gerbang tol Tongas sebagai berikut:

Gardu Tol Masuk :

Waktu pelayanan 1 adalah ambil kartu untuk gardu tol konvensional

Waktu pelayanan 2 adalah ambil kartu untuk gardu tol otomatis

Jumlah gardu tol konvensional : 2 gardu

Jumlah gardu tol otomatis : 1 gardu

λ golongan I : 305 emp/jam

λ golongan II - V : 478 emp/jam

$$\lambda \text{ gardu tol konvensional} : 75\% \times \frac{305}{2} + \frac{478}{2}$$

$$: 353 \text{ emp/jam}$$

$$\lambda \text{ gardu tol otomatis} : 25\% \times \frac{305}{1}$$

$$: 76 \text{ emp/jam}$$

Waktu Pelayanan 1 : 5 detik

$$\mu_1 : \frac{3600}{5} = 720 \text{ emp/jam}$$

Waktu Pelayanan 2 : 4 detik

$$\mu_2 : \frac{3600}{4} = 900 \text{ emp/jam}$$

Gardu tol konvensional (ambil kartu) :

$$\rho_1 = \frac{\lambda_1}{\mu_1} < 1$$

$$\rho_1 = \frac{353}{720} < 1$$

$$\rho_1 = 0,491 < 1 \text{ (OK)}$$

Gardu tol otomatis (ambil kartu) :

$$\rho_2 = \frac{\lambda_2}{\mu_2} < 1$$

$$\rho_2 = \frac{76}{900} < 1$$

$$\rho_2 = 0,085 < 1 \text{ (OK)}$$

ρ_1 dan ρ_2 pada gerbang tol Tongas arah masuk < 1 sehingga aman.

Gardu Tol Keluar :

Waktu pelayanan 1 adalah ambil kartu untuk gardu tol konvensional

Waktu pelayanan 2 adalah ambil kartu untuk gardu tol otomatis

Jumlah gardu tol konvensional : 2 gardu

Jumlah gardu tol otomatis : 1 gardu

λ golongan I : 305 emp/jam

λ golongan II - V : 454 emp/jam

$$\lambda \text{ gardu tol konvensional} : 75\% \times \frac{305}{2} + \frac{454}{2}$$

$$: 341 \text{ emp/jam}$$

$$\lambda \text{ gardu tol otomatis} : 25\% \times \frac{305}{1}$$

$$: 76 \text{ emp/jam}$$

Waktu Pelayanan 1 : 9 detik

$$\mu_1 : \frac{3600}{9} = 400 \text{ emp/jam}$$

Waktu Pelayanan 2 : 5 detik

$$\mu_2 : \frac{3600}{5} = 720 \text{ emp/jam}$$

Gardu tol konvensional (keluar) :

$$\rho_1 = \frac{\lambda_1}{\mu_1} < 1$$

$$\rho_1 = \frac{341}{400} < 1$$

$$\rho_1 = 0,853 < 1 \text{ (OK)}$$

Gardu tol otomatis (keluar) :

$$\rho_2 = \frac{\lambda_2}{\mu_2} < 1$$

$$\rho_2 = \frac{76}{720} < 1$$

$$\rho_2 = 0,106 < 1 \text{ (OK)}$$

ρ_1 dan ρ_2 pada gerbang tol Tongas arah keluar < 1 sehingga aman.

5.4.3. Analisis Intensitas Gerbang III

Untuk menganalisis intensitas gerbang tol Probolinggo Barat sama dengan analisis gerbang tol Grati. Perhitungan analisis intensitas lalu lintas gerbang tol Probolinggo Timur sebagai berikut:

Gardu Tol Masuk :

Waktu pelayanan 1 adalah ambil kartu untuk gardu tol konvensional

Waktu pelayanan 2 adalah ambil kartu untuk gardu tol otomatis

Jumlah gardu tol konvensional : 2 gardu

Jumlah gardu tol otomatis : 1 gardu

λ golongan I : 338 emp/jam

λ golongan II - V : 477 emp/jam

$$\lambda \text{ gardu tol konvensional} : 75\% \times \frac{338}{2} + \frac{477}{2}$$

$$: 365 \text{ emp/jam}$$

$$\begin{aligned}
 \lambda \text{ gardu tol otomatis} & : 25\% \times \frac{338}{1} \\
 & : 85 \text{ emp/jam} \\
 \text{Waktu Pelayanan 1} & : 5 \text{ detik} \\
 \mu_1 & : \frac{3600}{5} = 720 \text{ emp/jam} \\
 \text{Waktu Pelayanan 2} & : 4 \text{ detik} \\
 \mu_2 & : \frac{3600}{4} = 900 \text{ emp/jam}
 \end{aligned}$$

Gardu tol konvensional (ambil kartu) :

$$\begin{aligned}
 \rho_1 &= \frac{\lambda_1}{\mu_1} < 1 \\
 \rho_1 &= \frac{365}{720} < 1 \\
 \rho_1 &= 0,507 < 1 \text{ (OK)}
 \end{aligned}$$

Gardu tol otomatis (ambil kartu) :

$$\begin{aligned}
 \rho_2 &= \frac{\lambda_2}{\mu_2} < 1 \\
 \rho_2 &= \frac{85}{900} < 1 \\
 \rho_2 &= 0,094 < 1 \text{ (OK)}
 \end{aligned}$$

ρ_1 dan ρ_2 pada gerbang tol Proboonggo Barat arah masuk < 1 sehingga aman.

Gardu Tol Keluar :

Waktu pelayanan 1 adalah ambil kartu untuk gardu tol konvensional

Waktu pelayanan 2 adalah ambil kartu untuk gardu tol otomatis

Jumlah gardu tol konvensional : 2 gardu

Jumlah gardu tol otomatis : 1 gardu

λ golongan I : 305 emp/jam

λ golongan II - V : 454 emp/jam

$$\begin{aligned}
 \lambda \text{ gardu tol konvensional} & : 75\% \times \frac{305}{2} + \frac{454}{2} \\
 & : 341 \text{ emp/jam} \\
 \lambda \text{ gardu tol otomatis} & : 25\% \times \frac{305}{1} \\
 & : 76 \text{ emp/jam} \\
 \text{Waktu Pelayanan 1} & : 9 \text{ detik} \\
 \mu 1 & : \frac{3600}{9} = 400 \text{ emp/jam} \\
 \text{Waktu Pelayanan 2} & : 5 \text{ detik} \\
 \mu 2 & : \frac{3600}{5} = 720 \text{ emp/jam}
 \end{aligned}$$

Gardu tol konvensional (keluar) :

$$\rho 1 = \frac{\lambda 1}{\mu 1} < 1$$

$$\rho 1 = \frac{341}{400} < 1$$

$$\rho 1 = 0,853 < 1 \text{ (OK)}$$

Gardu tol otomatis (keluar) :

$$\rho 2 = \frac{\lambda 2}{\mu 2} < 1$$

$$\rho 2 = \frac{76}{720} < 1$$

$$\rho 2 = 0,106 < 1 \text{ (OK)}$$

$\rho 1$ dan $\rho 2$ pada gerbang tol Probolinggo Barat arah keluar < 1 sehingga aman.

5.4.4. Analisis Intensitas Gerbang IV

Untuk menganalisis intensitas gerbang tol Probolinggo Timur sama dengan analisis gerbang tol Grati. Perhitungan analisis intensitas lalu lintas gerbang tol Probolinggo Timur sebagai berikut:

Gardu Tol Masuk :

Waktu pelayanan 1 adalah ambil kartu untuk gardu tol konvensional

Waktu pelayanan 2 adalah ambil kartu untuk gardu tol otomatis

Jumlah gardu tol konvensional : 1 gardu

Jumlah gardu tol otomatis : 1 gardu

λ golongan I : 369 emp/jam

λ golongan II - V : 385 emp/jam

λ gardu tol konvensional : $75\% \times \frac{369}{1} + \frac{385}{1}$

: 661 emp/jam

λ gardu tol otomatis : $25\% \times \frac{369}{1}$

: 92 emp/jam

Waktu Pelayanan 1 : 5 detik

μ_1 : $\frac{3600}{5} = 720$ emp/jam

Waktu Pelayanan 2 : 4 detik

μ_2 : $\frac{3600}{4} = 900$ emp/jam

Gardu tol konvensional (ambil kartu) :

$$\rho_1 = \frac{\lambda_1}{\mu_1} < 1$$

$$\rho_1 = \frac{661}{720} < 1$$

$$\rho_1 = 0,918 < 1 \text{ (OK)}$$

Gardu tol otomatis (ambil kartu) :

$$\rho_2 = \frac{\lambda_2}{\mu_2} < 1$$

$$\rho_2 = \frac{92}{900} < 1$$

$$\rho_2 = 0,102 < 1 \text{ (OK)}$$

ρ_1 dan ρ_2 pada gerbang tol Probolinggo Timur arah masuk < 1 sehingga aman.

Gardu Tol Keluar :

Waktu pelayanan 1 adalah ambil kartu untuk gardu tol konvensional

Waktu pelayanan 2 adalah ambil kartu untuk gardu tol otomatis

Jumlah gardu tol konvensional : 3 gardu

Jumlah gardu tol otomatis : 1 gardu

λ golongan I : 435 emp/jam

λ golongan II - V : 454 emp/jam

λ gardu tol konvensional : $75\% \times \frac{435}{3} + \frac{454}{3}$

: 260 emp/jam

λ gardu tol otomatis : $25\% \times \frac{435}{1}$

: 109 emp/jam

Waktu Pelayanan 1 : 9 detik

μ_1 : $\frac{3600}{9} = 400 \text{ emp/jam}$

Waktu Pelayanan 2 : 5 detik

μ_2 : $\frac{3600}{5} = 720 \text{ emp/jam}$

Gardu tol konvensional (keluar) :

$$\rho_1 = \frac{\lambda_1}{\mu_1} < 1$$

$$\rho_1 = \frac{260}{400} < 1$$

$$\rho_1 = 0,650 < 1 \text{ (OK)}$$

Gardu tol otomatis (keluar) :

$$\rho_2 = \frac{\lambda_2}{\mu_2} < 1$$

$$\rho_2 = \frac{109}{720} < 1$$

$$\rho_2 = 0,151 < 1 \text{ (OK)}$$

ρ_1 dan ρ_2 pada gerbang tol Probolinggo Timur arah keluar < 1 sehingga aman.

5.5. Analisis Antrian Gerbang Tol

Analisis antrian pada gerbang tol Pasuruan - Probolinggo menggunakan analisis antrian FIFO. Analisis antrian dilakukan untuk mengetahui panjang antrian dan lama waktu mengantri dengan kondisi yang sama pada dengan analisis lalu lintas.

5.5.1. Analisis Antrian Gerbang I

Diketahui :

Gardu Tol Masuk

Waktu pelayanan 1 adalah ambil kartu untuk gardu tol konvensional

Waktu pelayanan 2 adalah ambil kartu untuk gardu tol otomatis

Jumlah gardu tol konvensional : 2 gardu

Jumlah gardu tol otomatis : 1 gardu

λ golongan I : 338 emp/jam

λ golongan II - V : 477 emp/jam

$$\begin{aligned}
 \lambda \text{ gardu tol konvensional} & : 75\% \times \frac{338}{2} + \frac{477}{2} \\
 & : 365 \text{ emp/jam} \\
 \lambda \text{ gardu tol otomatis} & : 25\% \times \frac{338}{1} \\
 & : 84 \text{ emp/jam} \\
 \text{Waktu Pelayanan 1} & : 5 \text{ detik} \\
 \mu_1 & : \frac{3600}{5} = 720 \text{ emp/jam} \\
 \text{Waktu Pelayanan 2} & : 4 \text{ detik} \\
 \mu_2 & : \frac{3600}{4} = 900 \text{ emp/jam} \\
 \rho_1 & : 0,507 \\
 \rho_2 & : 0,094
 \end{aligned}$$

Gardu tol konvensional (ambil kartu)

$$\begin{aligned}
 n &= \frac{\rho}{1-\rho} = \frac{0,507}{1-0,507} = 2 \text{ emp} \\
 q &= \frac{\rho^2}{1-\rho} = \frac{0,507^2}{1-0,507} = 1 \text{ emp} < 10 \text{ emp (OK)} \\
 d &= \frac{1}{\mu - \lambda} = \frac{1}{720 - 365} \times 3600 = 10,14 \text{ detik} \\
 w &= d - \frac{1}{\mu} \times 3600 = 10,14 - \frac{1}{720} \times 3600 = 5,14 \text{ detik}
 \end{aligned}$$

Gardu tol otomatis (ambil kartu)

$$\begin{aligned}
 n &= \frac{\rho}{1-\rho} = \frac{0,094}{1-0,094} = 1 \text{ emp} \\
 q &= \frac{\rho^2}{1-\rho} = \frac{0,094^2}{1-0,094} = 0 \text{ emp} < 10 \text{ emp (OK)}
 \end{aligned}$$

$$d = \frac{1}{\mu - \lambda} = \frac{1}{900 - 84} \times 3600 = 4,41 \text{ detik}$$

$$w = d - \frac{1}{\mu} \times 3600 = 4,41 - \frac{1}{900} \times 3600 = 0,41 \text{ detik}$$

Diketahui :

Gardu Tol Keluar

Waktu pelayanan 1 adalah lamanya transaksi untuk gardu tol konvensional

Waktu pelayanan 2 adalah lamanya transaksi untuk gardu tol otomatis

Jumlah gardu tol konvensional : 2 gardu

Jumlah gardu tol otomatis : 1 gardu

λ golongan I : 305 emp/jam

λ golongan II - V : 454 emp/jam

λ gardu tol konvensional : $75\% \times \frac{305}{2} + \frac{454}{2}$

: 341 emp/jam

λ gardu tol otomatis : $25\% \times \frac{305}{1}$

: 76 emp/jam

Waktu Pelayanan 1 : 9 detik

μ_1 : $\frac{3600}{9} = 400 \text{ emp/jam}$

Waktu Pelayanan 2 : 5 detik

μ_2 : $\frac{3600}{5} = 720 \text{ emp/jam}$

ρ_1 : 0,853

ρ_2 : 0,106

Gardu tol konvensional (keluar)

$$n = \frac{\rho}{1-\rho} = \frac{0,853}{1-0,853} = 6 \text{ emp}$$

$$q = \frac{\rho^2}{1-\rho} = \frac{0,853^2}{1-0,853} = 5 \text{ emp} < 10 \text{ emp (OK)}$$

$$d = \frac{1}{\mu - \lambda} = \frac{1}{400 - 341} \times 3600 = 61,33 \text{ detik}$$

$$w = d - \frac{1}{\mu} \times 3600 = 61,33 - \frac{1}{400} \times 3600 = 52,33 \text{ detik}$$

Gardu tol otomatis (keluar)

$$n = \frac{\rho}{1-\rho} = \frac{0,106}{1-0,106} = 1 \text{ emp}$$

$$q = \frac{\rho^2}{1-\rho} = \frac{0,106^2}{1-0,106} = 0 \text{ emp} < 10 \text{ emp (OK)}$$

$$d = \frac{1}{\mu - \lambda} = \frac{1}{720 - 76} \times 3600 = 5,59 \text{ detik}$$

$$w = d - \frac{1}{\mu} \times 3600 = 5,59 - \frac{1}{720} \times 3600 = 0,59 \text{ detik}$$

5.5.2. Analisis Antrian Gerbang II

Diketahui :

Gardu Tol Masuk

Waktu pelayanan 1 adalah ambil kartu untuk gardu tol konvensional

Waktu pelayanan 2 adalah ambil kartu untuk gardu tol otomatis

Jumlah gardu tol konvensional : 2 gardu

Jumlah gardu tol otomatis : 1 gardu

λ golongan I : 305 emp/jam

λ golongan II - V : 478 emp/jam

$$\begin{aligned}
 \lambda \text{ gardu tol konvensional} & : 75\% \times \frac{305}{2} + \frac{478}{2} \\
 & : 353 \text{ emp/jam} \\
 \lambda \text{ gardu tol otomatis} & : 25\% \times \frac{305}{1} \\
 & : 76 \text{ emp/jam} \\
 \text{Waktu Pelayanan 1} & : 5 \text{ detik} \\
 \mu_1 & : \frac{3600}{5} = 720 \text{ emp/jam} \\
 \text{Waktu Pelayanan 2} & : 4 \text{ detik} \\
 \mu_2 & : \frac{3600}{4} = 900 \text{ emp/jam} \\
 \rho_1 & : 0,491 \\
 \rho_2 & : 0,085
 \end{aligned}$$

Gardu tol konvensional (ambil kartu)

$$\begin{aligned}
 n &= \frac{\rho}{1-\rho} = \frac{0,491}{1-0,491} = 1 \text{ emp} \\
 q &= \frac{\rho^2}{1-\rho} = \frac{0,491^2}{1-0,491} = 0 \text{ emp} < 10 \text{ emp (OK)} \\
 d &= \frac{1}{\mu - \lambda} = \frac{1}{720 - 353} \times 3600 = 9,81 \text{ detik} \\
 w &= d - \frac{1}{\mu} \times 3600 = 9,81 - \frac{1}{720} \times 3600 = 4,81 \text{ detik}
 \end{aligned}$$

Gardu tol otomatis (ambil kartu)

$$\begin{aligned}
 n &= \frac{\rho}{1-\rho} = \frac{0,085}{1-0,085} = 1 \text{ emp} \\
 q &= \frac{\rho^2}{1-\rho} = \frac{0,085^2}{1-0,085} = 0 \text{ emp} < 10 \text{ emp (OK)}
 \end{aligned}$$

$$d = \frac{1}{\mu - \lambda} = \frac{1}{900 - 76} \times 3600 = 4,37 \text{ detik}$$

$$w = d - \frac{1}{\mu} \times 3600 = 4,37 - \frac{1}{900} \times 3600 = 0,37 \text{ detik}$$

Diketahui :

Gardu Tol Keluar

Waktu pelayanan 1 adalah lamanya transaksi untuk gardu tol konvensional

Waktu pelayanan 2 adalah lamanya transaksi untuk gardu tol otomatis

Jumlah gardu tol konvensional : 2 gardu

Jumlah gardu tol otomatis : 1 gardu

λ golongan I : 305 emp/jam

λ golongan II - V : 454 emp/jam

λ gardu tol konvensional : $75\% \times \frac{305}{2} + \frac{454}{2}$

: 341 emp/jam

λ gardu tol otomatis : $25\% \times \frac{305}{1}$

: 76 emp/jam

Waktu Pelayanan 1 : 9 detik

μ_1 : $\frac{3600}{9} = 400 \text{ emp/jam}$

Waktu Pelayanan 2 : 5 detik

μ_2 : $\frac{3600}{5} = 720 \text{ emp/jam}$

ρ_1 : 0,853

ρ_2 : 0,106

Gardu tol konvensional (keluar)

$$n = \frac{\rho}{1-\rho} = \frac{0,853}{1-0,853} = 6 \text{ emp}$$

$$q = \frac{\rho^2}{1-\rho} = \frac{0,853^2}{1-0,853} = 5 \text{ emp} < 10 \text{ emp (OK)}$$

$$d = \frac{1}{\mu - \lambda} = \frac{1}{400 - 341} \times 3600 = 61,33 \text{ detik}$$

$$w = d - \frac{1}{\mu} \times 3600 = 61,33 - \frac{1}{400} \times 3600 = 52,33 \text{ detik}$$

Gardu tol otomatis (keluar)

$$n = \frac{\rho}{1-\rho} = \frac{0,106}{1-0,106} = 1 \text{ emp}$$

$$q = \frac{\rho^2}{1-\rho} = \frac{0,106^2}{1-0,106} = 0 \text{ emp} < 10 \text{ emp (OK)}$$

$$d = \frac{1}{\mu - \lambda} = \frac{1}{720 - 76} \times 3600 = 5,59 \text{ detik}$$

$$w = d - \frac{1}{\mu} \times 3600 = 5,59 - \frac{1}{720} \times 3600 = 0,59 \text{ detik}$$

5.5.3. Analisis Antrian Gerbang III

Diketahui :

Gardu Tol Masuk

Waktu pelayanan 1 adalah ambil kartu untuk gardu tol konvensional

Waktu pelayanan 2 adalah ambil kartu untuk gardu tol otomatis

Jumlah gardu tol konvensional : 2 gardu

Jumlah gardu tol otomatis : 1 gardu

λ golongan I : 338 emp/jam

λ golongan II - V : 477 emp/jam

$$\begin{aligned}
 \lambda \text{ gardu tol konvensional} & : 75\% \times \frac{338}{2} + \frac{477}{2} \\
 & : 365 \text{ emp/jam} \\
 \lambda \text{ gardu tol otomatis} & : 25\% \times \frac{338}{1} \\
 & : 85 \text{ emp/jam} \\
 \text{Waktu Pelayanan 1} & : 5 \text{ detik} \\
 \mu_1 & : \frac{3600}{5} = 720 \text{ emp/jam} \\
 \text{Waktu Pelayanan 2} & : 4 \text{ detik} \\
 \mu_2 & : \frac{3600}{4} = 900 \text{ emp/jam} \\
 \rho_1 & : 0,507 \\
 \rho_2 & : 0,094
 \end{aligned}$$

Gardu tol konvensional (ambil kartu)

$$\begin{aligned}
 n &= \frac{\rho}{1-\rho} = \frac{0,507}{1-0,507} = 2 \text{ emp} \\
 q &= \frac{\rho^2}{1-\rho} = \frac{0,507^2}{1-0,507} = 1 \text{ emp} < 10 \text{ emp (OK)} \\
 d &= \frac{1}{\mu - \lambda} = \frac{1}{720 - 365} \times 3600 = 10,15 \text{ detik} \\
 w &= d - \frac{1}{\mu} \times 3600 = 10,15 - \frac{1}{720} \times 3600 = 5,15 \text{ detik}
 \end{aligned}$$

Gardu tol otomatis (ambil kartu)

$$\begin{aligned}
 n &= \frac{\rho}{1-\rho} = \frac{0,094}{1-0,094} = 1 \text{ emp} \\
 q &= \frac{\rho^2}{1-\rho} = \frac{0,094^2}{1-0,094} = 0 \text{ emp} < 10 \text{ emp (OK)}
 \end{aligned}$$

$$d = \frac{1}{\mu - \lambda} = \frac{1}{900 - 85} \times 3600 = 4,41 \text{ detik}$$

$$w = d - \frac{1}{\mu} \times 3600 = 4,41 - \frac{1}{900} \times 3600 = 0,41 \text{ detik}$$

Diketahui :

Gardu Tol Keluar

Waktu pelayanan 1 adalah lamanya transaksi untuk gardu tol konvensional

Waktu pelayanan 2 adalah lamanya transaksi untuk gardu tol otomatis

Jumlah gardu tol konvensional : 2 gardu

Jumlah gardu tol otomatis : 1 gardu

λ golongan I : 305 emp/jam

λ golongan II - V : 454 emp/jam

λ gardu tol konvensional : $75\% \times \frac{305}{2} + \frac{305}{2}$

: 341 emp/jam

λ gardu tol otomatis : $25\% \times \frac{305}{1}$

: 76 emp/jam

Waktu Pelayanan 1 : 9 detik

μ_1 : $\frac{3600}{9} = 400 \text{ emp/jam}$

Waktu Pelayanan 2 : 5 detik

μ_2 : $\frac{3600}{5} = 720 \text{ emp/jam}$

ρ_1 : 0,853

ρ_2 : 0,106

Gardu tol konvensional (keluar)

$$n = \frac{\rho}{1-\rho} = \frac{0,853}{1-0,853} = 6 \text{ emp}$$

$$q = \frac{\rho^2}{1-\rho} = \frac{0,853^2}{1-0,853} = 5 \text{ emp} < 10 \text{ emp (OK)}$$

$$d = \frac{1}{\mu - \lambda} = \frac{1}{400 - 341} \times 3600 = 61,33 \text{ detik}$$

$$w = d - \frac{1}{\mu} \times 3600 = 61,33 - \frac{1}{400} \times 3600 = 52,33 \text{ detik}$$

Gardu tol otomatis (keluar)

$$n = \frac{\rho}{1-\rho} = \frac{0,106}{1-0,106} = 1 \text{ emp}$$

$$q = \frac{\rho^2}{1-\rho} = \frac{0,106^2}{1-0,106} = 0 \text{ emp} < 10 \text{ emp (OK)}$$

$$d = \frac{1}{\mu - \lambda} = \frac{1}{720 - 76} \times 3600 = 5,59 \text{ detik}$$

$$w = d - \frac{1}{\mu} \times 3600 = 5,59 - \frac{1}{720} \times 3600 = 0,59 \text{ detik}$$

5.5.4. Analisis Antrian Gerbang IV

Diketahui :

Gardu Tol Masuk

Waktu pelayanan 1 adalah ambil kartu untuk gardu tol konvensional

Waktu pelayanan 2 adalah ambil kartu untuk gardu tol otomatis

Jumlah gardu tol konvensional : 1 gardu

Jumlah gardu tol otomatis : 1 gardu

λ golongan I : 369 emp/jam

λ golongan II - V : 385 emp/jam

$$\begin{aligned}
 \lambda \text{ gardu tol konvensional} & : 75\% \times \frac{369}{1} + \frac{385}{1} \\
 & : 661 \text{ emp/jam} \\
 \lambda \text{ gardu tol otomatis} & : 25\% \times \frac{369}{1} \\
 & : 92 \text{ emp/jam} \\
 \text{Waktu Pelayanan 1} & : 5 \text{ detik} \\
 \mu_1 & : \frac{3600}{5} = 720 \text{ emp/jam} \\
 \text{Waktu Pelayanan 2} & : 4 \text{ detik} \\
 \mu_2 & : \frac{3600}{4} = 900 \text{ emp/jam} \\
 \rho_1 & : 0,918 \\
 \rho_2 & : 0,102
 \end{aligned}$$

Gardu tol konvensional (ambil kartu)

$$\begin{aligned}
 n &= \frac{\rho}{1-\rho} = \frac{0,918}{1-0,918} = 11 \text{ emp} \\
 q &= \frac{\rho^2}{1-\rho} = \frac{0,918^2}{1-0,918} = 10 \text{ emp} < 10 \text{ emp (OK)} \\
 d &= \frac{1}{\mu - \lambda} = \frac{1}{720 - 661} \times 3600 = 61,13 \text{ detik} \\
 w &= d - \frac{1}{\mu} \times 3600 = 61,13 - \frac{1}{720} \times 3600 = 56,13 \text{ detik}
 \end{aligned}$$

Gardu tol otomatis (ambil kartu)

$$\begin{aligned}
 n &= \frac{\rho}{1-\rho} = \frac{0,102}{1-0,102} = 1 \text{ emp} \\
 q &= \frac{\rho^2}{1-\rho} = \frac{0,102^2}{1-0,102} = 0 \text{ emp} < 10 \text{ emp (OK)}
 \end{aligned}$$

$$d = \frac{1}{\mu - \lambda} = \frac{1}{900 - 92} \times 3600 = 4,46 \text{ detik}$$

$$w = d - \frac{1}{\mu} \times 3600 = 4,46 - \frac{1}{900} \times 3600 = 0,46 \text{ detik}$$

Diketahui :

Gardu Tol Keluar

Waktu pelayanan 1 adalah lamanya transaksi untuk gardu tol konvensional

Waktu pelayanan 2 adalah lamanya transaksi untuk gardu tol otomatis

Jumlah gardu tol konvensional : 3 gardu

Jumlah gardu tol otomatis : 1 gardu

λ golongan I : 435 emp/jam

λ golongan II - V : 454 emp/jam

λ gardu tol konvensional : $75\% \times \frac{435}{3} + \frac{454}{3}$

: 260 emp/jam

λ gardu tol otomatis : $25\% \times \frac{435}{1}$

: 109 emp/jam

Waktu Pelayanan 1 : 9 detik

μ_1 : $\frac{3600}{9} = 400 \text{ emp/jam}$

Waktu Pelayanan 2 : 5 detik

μ_2 : $\frac{3600}{5} = 720 \text{ emp/jam}$

ρ_1 : 0,650

ρ_2 : 0,151

Gardu tol konvensional (keluar)

$$n = \frac{\rho}{1-\rho} = \frac{0,650}{1-0,650} = 2 \text{ emp}$$

$$q = \frac{\rho^2}{1-\rho} = \frac{0,650^2}{1-0,650} = 1 \text{ emp} < 10 \text{ emp (OK)}$$

$$d = \frac{1}{\mu - \lambda} = \frac{1}{400 - 260} \times 3600 = 25,73 \text{ detik}$$

$$w = d - \frac{1}{\mu} \times 3600 = 25,73 - \frac{1}{400} \times 3600 = 16,73 \text{ detik}$$

Gardu tol otomatis (keluar)

$$n = \frac{\rho}{1-\rho} = \frac{0,151}{1-0,151} = 1 \text{ emp}$$

$$q = \frac{\rho^2}{1-\rho} = \frac{0,151^2}{1-0,151} = 0 \text{ emp} < 10 \text{ emp (OK)}$$

$$d = \frac{1}{\mu - \lambda} = \frac{1}{720 - 109} \times 3600 = 5,89 \text{ detik}$$

$$w = d - \frac{1}{\mu} \times 3600 = 5,89 - \frac{1}{720} \times 3600 = 0,89 \text{ detik}$$

5.6. Perencanaan Gerbang Tol Tahun 2032

Perencanaan gerbang tol Pasuruan - Probolinggo pada tahun 2032 dilakukan untuk mengetahui kemampuan gerbang tol dalam melayani kendaraan yang lewat setelah adanya peningkatan jumlah volume kendaraan dari tahun tahun sebelumnya. Faktor pertumbuhan jumlah kendaraan diambil dari pertumbuhan PDRB Jawa timur yaitu sebesar 5,44% pertahun. Berikut matriks asal tujuan tol Pasuruan - Probolinggo tahun 2032:

Tabel 5. 23 Matriks Asal Tujuan Kendaraan Golongan I Tahun 2032

	Pasuruan	Grati	Tongas	Probolinggo Barat	Probolinggo Timur
Pasuruan	0	1453	1418	1454	2199
Grati	1580	0	1458	1495	2262
Tongas	1418	1342	0	1342	2030
Probolinggo Barat	1582	1497	1461	0	2266
Probolinggo Timur	1944	1839	1794	1840	0

Tabel 5. 24 Matriks Asal Tujuan Kendaraan Golongan II Tahun 2032

	Pasuruan	Grati	Tongas	Probolinggo Barat	Probolinggo Timur
Pasuruan	0	30	30	30	26
Grati	31	0	1601	1601	1401
Tongas	31	1604	0	1607	1406
Probolinggo Barat	31	1604	1607	0	1406
Probolinggo Timur	23	1188	1190	1190	0

Tabel 5. 25 Matriks Asal Tujuan Kendaraan Golongan III Tahun 2032

	Pasuruan	Grati	Tongas	Probolinggo Barat	Probolinggo Timur
Pasuruan	0	7	7	7	7
Grati	7	0	382	381	403
Tongas	7	382	0	381	403
Probolinggo Barat	7	377	377	0	397
Probolinggo Timur	6	341	341	339	0

Tabel 5. 26 Matriks Asal Tujuan Kendaraan Golongan IV Tahun 2032

	Pasuruan	Grati	Tongas	Probolinggo Barat	Probolinggo Timur
Pasuruan	0	16	16	16	15
Grati	16	0	307	308	299
Tongas	16	307	0	308	299
Probolinggo Barat	16	310	310	0	303
Probolinggo Timur	13	253	253	254	0

Tabel 5. 27 Matriks Asal Tujuan Kendaraan Golongan V Tahun 2032

	Pasuruan	Grati	Tongas	Probolinggo Barat	Probolinggo Timur
Pasuruan	0	1	1	1	1
Grati	1	0	143	142	135
Tongas	1	143	0	142	135
Probolinggo Barat	1	140	140	0	132
Probolinggo Timur	1	114	114	114	0

Matriks asal tujuan tiap golongan pada tabel di atas merupakan data lalu lintas harian rata rata tahunan berdasarkan asal dan tujuan kendaraan. Matriks asal tujuan ini perlu dikalikan dengan faktor k, yaitu faktor pengubah LHRT menjadi arus jam puncak. Mengacu pada Pedoman Kapasitas Jalan Indonesia (PKJI) 2014, pada tabel A.6 digunakan faktor k sebesar 0,11.

Tabel 5. 28 Matriks Asal Tujuan Arus Jam Puncak Kendaraan Golongan I Tahun 2032

	Pasuruan	Grati	Tongas	Probolinggo Barat	Probolinggo Timur
Pasuruan	0	160	156	160	242
Grati	174	0	160	164	249
Tongas	156	148	0	148	223
Probolinggo Barat	174	165	161	0	249
Probolinggo Timur	214	202	197	202	0

Tabel 5. 29 Matriks Asal Tujuan Arus Jam Puncak Kendaraan
Golongan II Tahun 2032

	Pasuruan	Grati	Tongas	Probolinggo Barat	Probolinggo Timur
Pasuruan	0	3	3	3	3
Grati	3	0	176	176	154
Tongas	3	176	0	177	155
Probolinggo Barat	3	176	177	0	155
Probolinggo Timur	3	131	131	131	0

Tabel 5. 30 Matriks Asal Tujuan Arus Jam Puncak Kendaraan
Golongan III Tahun 2032

	Pasuruan	Grati	Tongas	Probolinggo Barat	Probolinggo Timur
Pasuruan	0	1	1	1	1
Grati	1	0	42	42	44
Tongas	1	42	0	42	44
Probolinggo Barat	1	41	41	0	44
Probolinggo Timur	1	38	38	37	0

Tabel 5. 31 Matriks Asal Tujuan Arus Jam Puncak Kendaraan
Golongan IV Tahun 2032

	Pasuruan	Grati	Tongas	Probolinggo Barat	Probolinggo Timur
Pasuruan	0	2	2	2	2
Grati	2	0	34	34	33
Tongas	2	34	0	34	33
Probolinggo Barat	2	34	34	0	33
Probolinggo Timur	1	28	28	28	0

Tabel 5. 32 Matriks Asal Tujuan Arus Jam Puncak Kendaraan
Golongan V Tahun 2032

	Pasuruan	Grati	Tongas	Probolinggo Barat	Probolinggo Timur
Pasuruan	0	0	0	0	0
Grati	0	0	16	16	15
Tongas	0	16	0	16	15
Probolinggo Barat	0	15	15	0	15
Probolinggo Timur	0	13	13	13	0

5.6.1. Analisis Tingkat Kedatangan

Setelah matriks asal tujuan dikalikan dengan faktor k maka didapatkan matriks asal tujuan pada arus jam puncak. Selanjutnya yaitu mendistribusikan kendaraan masing-masing golongan ke tiap-tiap gerbang tol Pasuruan - Probolinggo yang direncanakan. Karena pada jalan tol pasuruan probolinggo ini direncanakan gerbang tol sistem tertutup, maka distribusi kendaraan bisa didapatkan dari hasil penjumlahan matriks asal tujuan, penjumlahan secara horizontal untuk mendapatkan jumlah kendaraan yang masuk ke gerbang, dan penjumlahan secara vertikal untuk mendapatkan jumlah kendaraan yang keluar dari gerbang. Distribusi kendaraan pada tiap tiap gerbang tol dapat dilihat pada tabel berikut:

Tabel 5. 33 Jumlah Kendaraan Masuk Tiap Gerbang

Golongan	Jumlah Kendaraan Masuk ke Gerbang				Jumlah Kendaraan
	Grati	Tongas	Probolinggo	Probolinggo	
I	747	675	749	816	2987
II	510	511	511	395	1927
III	129	129	127	113	498
IV	102	102	103	85	393
V	46	46	45	38	176

Tabel 5. 34 Jumlah Kendaraan Keluar Tiap Gerbang

Golongan	Jumlah Kendaraan Keluar dari Gerbang				Jumlah Kendaraan
	Grati	Tongas	Probolinggo	Probolinggo	
I	674	674	674	963	2987
II	487	487	487	466	1927
III	122	122	122	133	499
IV	97	97	97	101	393
V	44	44	44	44	176

Data distribusi kendaraan diatas masih berupa kendaraan/jam, dan harus diubah menjadi emp/jam dengan dikalikan faktor ekr (ekivalen kendaraan ringan). Faktor pengali ekr dapat dilihat pada Pedoman Kapasitas Jalan Indonesia (PKJI) 2014 tabel B.1 dan tabel B.2. Berikut adalah distribusi kendaraan pada tiap gerbang tol setelah dikalikan faktor ekr:

Tabel 5. 35 Jumlah Kendaraan Masuk Tiap Gerbang Setelah Dikalikan Faktor EKR

Golongan	Jumlah Kendaraan Masuk ke Gerbang (emp/Jam)				Jumlah Kendaraan
	Grati	Tongas	Probolinggo Barat	Probolinggo Timur	
I	747	675	749	816	2987
II	612	614	614	474	2313
III	206	206	204	181	797
IV	164	164	165	136	629
V	74	74	73	60	281

Tabel 5. 36 Jumlah Kendaraan Keluar Tiap Gerbang Setelah Dikalikan Faktor EKR

Golongan	Jumlah Kendaraan Keluar dari Gerbang (emp/Jam)				Jumlah Kendaraan
	Grati	Tongas	Probolinggo Barat	Probolinggo Timur	
I	674	674	674	963	2987
II	584	584	584	560	2313
III	195	195	195	213	798
IV	156	156	156	161	629
V	70	70	70	71	281

5.6.2. Analisis Intensitas Lalu Lintas Tahun 2032

Setelah menganalisis waktu pelayanan dan tingkat kedatangan pada setiap gerbang tol Pasuruan - Probolinggo, langkah selanjutnya yaitu menganalisis intensitas lalu lintas. Intensitas lalu lintas yang dianalisis yaitu intensitas gardu tol konvensional, gardu tol otomatis, dan gardu tol *on board unit* pada tiap gerbang tol Pasuruan - Probolinggo. Untuk menganalisis intensitas lalu lintas digunakan waktu pelayanan sesuai dengan standar pelayanan minimum menurut Peraturan Menteri Pekerjaan Umum Republik Indonesia Nomor 16/PRT/M/2014 tentang Standar Pelayanan Minimum Jalan Tol. Sedangkan untuk waktu pelayanan minimal gardu tol *on board unit*, digunakan waktu pelayanan hasil survei yang sudah di analisis. Perencanaan gerbang tol Pasuruan - Probolinggo menggunakan gerbang tol sistem tertutup, dimana pengemudi diharuskan mengambil kartu tol ketika masuk, dan mengembalikan serta membayar ketika keluar gerbang tol.

5.6.2.1. Analisis Intensitas Gerbang I Tahun 2032

Perencanaan gerbang tol Pasuruan - Probolinggo pada tahun 2032 menggunakan gardu gardu tol otomatis dan gardu tol *on board unit*. Namun untuk gardu tol otomatis dan gardu tol *on board unit* masih digabungkan menjadi satu. Perhitungan analisis intensitas lalu lintas gerbang tol grati sebagai berikut:

Gardu Tol Masuk :

Waktu pelayanan adalah ambil kartu untuk gardu tol otomatis

Jumlah gardu tol otomatis : 3 gardu

λ total : 1803 emp/jam

λ gardu tol otomatis : $\frac{1803}{3}$

: 601 emp/jam

Waktu Pelayanan : 4 detik

μ : $\frac{3600}{4} = 900$ emp/jam

Gardu tol otomatis (ambil kartu) :

$$\rho = \frac{\lambda}{\mu} < 1$$

$$\rho = \frac{601}{900} < 1$$

$$\rho = 0,668 < 1 \text{ (OK)}$$

ρ pada gerbang tol Grati arah masuk < 1 sehingga aman.

Gardu Tol Keluar :

Waktu pelayanan adalah ambil kartu untuk gardu tol otomatis

Jumlah gardu tol otomatis : 3 gardu

λ total : 1679 emp/jam

λ gardu tol otomatis : $\frac{1679}{3}$

: 560 emp/jam

Waktu Pelayanan : 5 detik

$$\mu : \frac{3600}{5} = 720 \text{ emp/jam}$$

Gardu tol otomatis (keluar) :

$$\rho = \frac{\lambda}{\mu} < 1$$

$$\rho = \frac{560}{720} < 1$$

$$\rho = 0,778 < 1 \text{ (OK)}$$

ρ pada gerbang tol Grati arah keluar < 1 sehingga aman.

5.6.2.2. Analisis Intensitas Gerbang II Tahun 2032

Perhitungan analisis intensitas lalu lintas gerbang tol Tongas sebagai berikut:

Gardu Tol Masuk :

Waktu pelayanan adalah ambil kartu untuk gardu tol otomatis

Jumlah gardu tol otomatis : 3 gardu

λ total : 1732 emp/jam

λ gardu tol otomatis : $\frac{1732}{3}$

: 577 emp/jam

Waktu Pelayanan : 4 detik

$$\mu : \frac{3600}{4} = 900 \text{ emp/jam}$$

Gardu tol otomatis (ambil kartu) :

$$\rho = \frac{\lambda}{\mu} < 1$$

$$\rho = \frac{577}{900} < 1$$

$$\rho = 0,642 < 1 \text{ (OK)}$$

ρ pada gerbang tol Grati arah masuk < 1 sehingga aman.

Gardu Tol Keluar :

Waktu pelayanan adalah ambil kartu untuk gardu tol otomatis

Jumlah gardu tol otomatis : 3 gardu

λ total : 1680 emp/jam

λ gardu tol otomatis : $\frac{1680}{3}$

: 560 emp/jam

Waktu Pelayanan : 5 detik

μ : $\frac{3600}{5} = 720$ emp/jam

Gardu tol otomatis (keluar) :

$$\rho = \frac{\lambda}{\mu} < 1$$

$$\rho = \frac{560}{720} < 1$$

$$\rho = 0,778 < 1 \text{ (OK)}$$

ρ pada gerbang tol Tongas arah keluar < 1 sehingga aman.

5.6.2.3. Analisis Intensitas Gerbang III Tahun 2032

Perhitungan analisis intensitas lalu lintas gerbang tol Probolinggo Barat sebagai berikut:

Gardu Tol Masuk :

Waktu pelayanan adalah ambil kartu untuk gardu tol otomatis

Jumlah gardu tol otomatis : 3 gardu

λ total : 1804 emp/jam

λ gardu tol otomatis : $\frac{1804}{3}$

: 601 emp/jam

Waktu Pelayanan : 4 detik

μ : $\frac{3600}{4} = 900$ emp/jam

Gardu tol otomatis (ambil kartu) :

$$\rho = \frac{\lambda}{\mu} < 1$$

$$\rho = \frac{601}{900} < 1$$

$$\rho = 0,668 < 1 \text{ (OK)}$$

ρ pada gerbang tol Probolinggo Barat arah masuk < 1 sehingga aman.

Gardu Tol Keluar :

Waktu pelayanan adalah ambil kartu untuk gardu tol otomatis

Jumlah gardu tol otomatis : 3 gardu

λ total : 1680 emp/jam

λ gardu tol otomatis : $\frac{1680}{3}$

: 560 emp/jam

Waktu Pelayanan : 5 detik

μ : $\frac{3600}{5} = 720 \text{ emp/jam}$

Gardu tol otomatis (keluar) :

$$\rho = \frac{\lambda}{\mu} < 1$$

$$\rho = \frac{560}{720} < 1$$

$$\rho = 0,778 < 1 \text{ (OK)}$$

ρ pada gerbang tol Probolinggo Barat arah keluar < 1 sehingga aman.

5.6.2.4. Analisis Intensitas Gerbang IV Tahun 2032

Perhitungan analisis intensitas lalu lintas gerbang tol Probolinggo Barat sebagai berikut:

Gardu Tol Masuk :

Waktu pelayanan adalah ambil kartu untuk gardu tol otomatis

Jumlah gardu tol otomatis : 3 gardu

λ total : 1667 emp/jam

λ gardu tol otomatis : $\frac{1667}{3}$

: 556 emp/jam

Waktu Pelayanan : 4 detik

μ : $\frac{3600}{4} = 900$ emp/jam

Gardu tol otomatis (ambil kartu) :

$$\rho = \frac{\lambda}{\mu} < 1$$

$$\rho = \frac{556}{900} < 1$$

$$\rho = 0,617 < 1 \text{ (OK)}$$

ρ pada gerbang tol Probolinggo Timur arah masuk < 1 sehingga aman.

Gardu Tol Keluar :

Waktu pelayanan adalah ambil kartu untuk gardu tol otomatis

Jumlah gardu tol otomatis : 3 gardu

λ total : 1968 emp/jam

λ gardu tol otomatis : $\frac{1968}{3}$

: 656 emp/jam

Waktu Pelayanan : 5 detik

μ : $\frac{3600}{5} = 720$ emp/jam

Gardu tol otomatis (keluar) :

$$\rho = \frac{\lambda}{\mu} < 1$$

$$\rho = \frac{656}{720} < 1$$

$$\rho = 0,911 < 1 \text{ (OK)}$$

ρ pada gerbang tol Probolinggo Timur arah keluar < 1 sehingga aman.

5.6.3. Analisis Antrian Gerbang Tol

Analisis antrian pada gerbang tol Pasuruan - Probolinggo menggunakan analisis antrian FIFO. Analisis antrian dilakukan untuk mengetahui panjang antrian dan lama waktu mengantri dengan kondisi yang sama pada dengan analisis lalu lintas.

5.6.3.1. Analisis Antrian Gerbang I Tahun 2032

Diketahui :

Gardu Tol Masuk

Waktu pelayanan adalah ambil kartu untuk gardu tol otomatis

Jumlah gardu tol otomatis : 3 gardu

λ total : 1803 emp/jam

λ gardu tol otomatis : $\frac{1803}{3}$

: 601 emp/jam

Waktu Pelayanan : 4 detik

μ : $\frac{3600}{4} = 900 \text{ emp/jam}$

ρ : 0,668

Gardu tol otomatis (ambil kartu)

$$n = \frac{\rho}{1 - \rho} = \frac{0,668}{1 - 0,668} = 2 \text{ emp}$$

$$q = \frac{\rho^2}{1 - \rho} = \frac{0,668^2}{1 - 0,668} = 1 \text{ emp} < 10 \text{ emp (OK)}$$

$$d = \frac{1}{\mu - \lambda} = \frac{1}{900 - 601} \times 3600 = 12,04 \text{ detik}$$

$$w = d - \frac{1}{\mu} \times 3600 = 12,04 - \frac{1}{900} \times 3600 = 8,04 \text{ detik}$$

Diketahui :

Gardu Tol Keluar

Waktu pelayanan adalah lamanya transaksi untuk gardu tol otomatis

Jumlah gardu tol otomatis : 3 gardu

λ total : 1679 emp/jam

λ gardu tol otomatis : $\frac{1679}{3}$

: 560 emp/jam

Waktu Pelayanan : 5 detik

μ : $\frac{3600}{5} = 720 \text{ emp/jam}$

ρ : 0,778

Gardu tol otomatis (keluar)

$$n = \frac{\rho}{1 - \rho} = \frac{0,778}{1 - 0,778} = 4 \text{ emp}$$

$$q = \frac{\rho^2}{1 - \rho} = \frac{0,778^2}{1 - 0,778} = 3 \text{ emp} < 10 \text{ emp (OK)}$$

$$d = \frac{1}{\mu - \lambda} = \frac{1}{720 - 560} \times 3600 = 22,47 \text{ detik}$$

$$w = d - \frac{1}{\mu} \times 3600 = 22,47 - \frac{1}{400} \times 3600 = 17,47 \text{ detik}$$

5.6.3.2. Analisis Antrian Gerbang II Tahun 2032

Diketahui :

Gardu Tol Masuk

Waktu pelayanan adalah ambil kartu untuk gardu tol otomatis

Jumlah gardu tol otomatis : 3 gardu

$$\begin{aligned}
 \lambda \text{ total} & : 1732 \text{ emp/jam} \\
 \lambda \text{ gardu tol otomatis} & : \frac{1732}{3} \\
 & : 577 \text{ emp/jam} \\
 \text{Waktu Pelayanan} & : 4 \text{ detik} \\
 \mu & : \frac{3600}{4} = 900 \text{ emp/jam} \\
 \rho & : 0,642
 \end{aligned}$$

Gardu tol otomatis (ambil kartu)

$$\begin{aligned}
 n &= \frac{\rho}{1-\rho} = \frac{0,642}{1-0,642} = 2 \text{ emp} \\
 q &= \frac{\rho^2}{1-\rho} = \frac{0,642^2}{1-0,642} = 1 \text{ emp} < 10 \text{ emp (OK)} \\
 d &= \frac{1}{\mu - \lambda} = \frac{1}{900 - 577} \times 3600 = 11,16 \text{ detik} \\
 w &= d - \frac{1}{\mu} \times 3600 = 11,16 - \frac{1}{900} \times 3600 = 7,16 \text{ detik}
 \end{aligned}$$

Diketahui :

Gardu Tol Keluar

Waktu pelayanan adalah lamanya transaksi untuk gardu tol otomatis

$$\begin{aligned}
 \text{Jumlah gardu tol otomatis} & : 3 \text{ gardu} \\
 \lambda \text{ total} & : 1680 \text{ emp/jam} \\
 \lambda \text{ gardu tol otomatis} & : \frac{1680}{3} \\
 & : 560 \text{ emp/jam} \\
 \text{Waktu Pelayanan} & : 5 \text{ detik} \\
 \mu & : \frac{3600}{5} = 720 \text{ emp/jam} \\
 \rho & : 0,778
 \end{aligned}$$

Gardu tol otomatis (keluar)

$$n = \frac{\rho}{1-\rho} = \frac{0,778}{1-0,778} = 4 \text{ emp}$$

$$q = \frac{\rho^2}{1-\rho} = \frac{0,778^2}{1-0,778} = 3 \text{ emp} < 10 \text{ emp (OK)}$$

$$d = \frac{1}{\mu - \lambda} = \frac{1}{720 - 560} \times 3600 = 22,49 \text{ detik}$$

$$w = d - \frac{1}{\mu} \times 3600 = 22,49 - \frac{1}{400} \times 3600 = 17,49 \text{ detik}$$

5.6.3.3. Antrian Gerbang III Tahun 2032

Diketahui :

Gardu Tol Masuk

Waktu pelayanan adalah ambil kartu untuk gardu tol otomatis

Jumlah gardu tol otomatis : 3 gardu

λ total : 1804 emp/jam

λ gardu tol otomatis : $\frac{1804}{3}$

: 601 emp/jam

Waktu Pelayanan : 4 detik

μ : $\frac{3600}{4} = 900 \text{ emp/jam}$

ρ : 0,668

Gardu tol otomatis (ambil kartu)

$$n = \frac{\rho}{1-\rho} = \frac{0,668}{1-0,668} = 2 \text{ emp}$$

$$q = \frac{\rho^2}{1-\rho} = \frac{0,668^2}{1-0,668} = 1 \text{ emp} < 10 \text{ emp (OK)}$$

$$d = \frac{1}{\mu - \lambda} = \frac{1}{900 - 601} \times 3600 = 12,05 \text{ detik}$$

$$w = d - \frac{1}{\mu} \times 3600 = 12,05 - \frac{1}{900} \times 3600 = 8,05 \text{ detik}$$

Diketahui :

Gardu Tol Keluar

Waktu pelayanan adalah lamanya transaksi untuk gardu tol otomatis

Jumlah gardu tol otomatis : 3 gardu

λ total : 1680 emp/jam

λ gardu tol otomatis : $\frac{1680}{3}$

: 560 emp/jam

Waktu Pelayanan : 5 detik

μ : $\frac{3600}{5} = 720 \text{ emp/jam}$

ρ : 0,778

Gardu tol otomatis (keluar)

$$n = \frac{\rho}{1 - \rho} = \frac{0,778}{1 - 0,778} = 4 \text{ emp}$$

$$q = \frac{\rho^2}{1 - \rho} = \frac{0,778^2}{1 - 0,778} = 3 \text{ emp} < 10 \text{ emp (OK)}$$

$$d = \frac{1}{\mu - \lambda} = \frac{1}{720 - 560} \times 3600 = 22,50 \text{ detik}$$

$$w = d - \frac{1}{\mu} \times 3600 = 22,50 - \frac{1}{400} \times 3600 = 17,50 \text{ detik}$$

5.6.3.4. Analisis Antrian Gerbang IV Tahun 2032

Diketahui :

Gardu Tol Masuk

Waktu pelayanan adalah ambil kartu untuk gardu tol otomatis

Jumlah gardu tol otomatis : 3 gardu

λ total : 1667 emp/jam

λ gardu tol otomatis : $\frac{1667}{3}$

: 556 emp/jam

Waktu Pelayanan : 4 detik

μ : $\frac{3600}{4} = 900$ emp/jam

ρ : 0,617

Gardu tol otomatis (ambil kartu)

$$n = \frac{\rho}{1-\rho} = \frac{0,617}{1-0,617} = 2 \text{ emp}$$

$$q = \frac{\rho^2}{1-\rho} = \frac{0,617^2}{1-0,617} = 1 \text{ emp} < 10 \text{ emp (OK)}$$

$$d = \frac{1}{\mu - \lambda} = \frac{1}{900 - 556} \times 3600 = 10,46 \text{ detik}$$

$$w = d - \frac{1}{\mu} \times 3600 = 10,46 - \frac{1}{900} \times 3600 = 6,46 \text{ detik}$$

Diketahui :

Gardu Tol Keluar

Waktu pelayanan adalah lamanya transaksi untuk gardu tol otomatis

Jumlah gardu tol otomatis : 3 gardu

λ total : 1968 emp/jam

λ gardu tol otomatis : $\frac{1968}{3}$

: 656 emp/jam

Waktu Pelayanan : 5 detik

μ : $\frac{3600}{5} = 720$ emp/jam

ρ : 0,911

Gardu tol otomatis (keluar)

$$n = \frac{\rho}{1 - \rho} = \frac{0,911}{1 - 0,911} = 2 \text{ emp}$$

$$q = \frac{\rho^2}{1 - \rho} = \frac{0,911^2}{1 - 0,911} = 1 \text{ emp} < 10 \text{ emp (OK)}$$

$$d = \frac{1}{\mu - \lambda} = \frac{1}{720 - 656} \times 3600 = 56,23 \text{ detik}$$

$$w = d - \frac{1}{\mu} \times 3600 = 56,23 - \frac{1}{400} \times 3600 = 51,23 \text{ detik}$$

5.7. Perencanaan Gerbang Tol Tahun 2047

Perencanaan gerbang tol Pasuruan - Probolinggo pada tahun 2047 dilakukan untuk mengetahui kemampuan gerbang tol dalam melayani kendaraan yang lewat setelah adanya peningkatan jumlah volume kendaraan dari tahun tahun sebelumnya. Faktor pertumbuhan jumlah kendaraan diambil dari pertumbuhan PDRB jawa timur yaitu sebesar 5,44% pertahun. Berikut matriks asal tujuan tol Pasuruan - Probolinggo tahun 2047:

Tabel 5. 37 Matriks Asal Tujuan Kendaraan Golongan I Tahun 2047

	Pasuruan	Grati	Tongas	Probolinggo Barat	Probolinggo Timur
Pasuruan	0	3216	3139	3218	4868
Grati	3497	0	3227	3309	5007
Tongas	3139	2971	0	2971	4493
Probolinggo Barat	3502	3314	3234	0	5016
Probolinggo Timur	4303	4071	3971	4073	0

Tabel 5. 38 Matriks Asal Tujuan Kendaraan Golongan II Tahun 2047

	Pasuruan	Grati	Tongas	Probolinggo Barat	Probolinggo Timur
Pasuruan	0	66	66	66	58
Grati	69	0	3544	3544	3101
Tongas	69	3550	0	3557	3112
Probolinggo Barat	69	3550	3557	0	3112
Probolinggo Timur	51	2630	2634	2634	0

Tabel 5. 39 Matriks Asal Tujuan Kendaaaraan Golongan III Tahun 2047

	Pasuruan	Grati	Tongas	Probolinggo Barat	Probolinggo Timur
Pasuruan	0	15	15	15	15
Grati	15	0	846	843	892
Tongas	15	846	0	843	892
Probolinggo Barat	15	834	834	0	879
Probolinggo Timur	13	755	755	750	0

Tabel 5. 40 Matriks Asal Tujuan Kendaaaraan Golongan IV Tahun 2047

	Pasuruan	Grati	Tongas	Probolinggo Barat	Probolinggo Timur
Pasuruan	0	35	35	35	33
Grati	35	0	680	682	662
Tongas	35	680	0	682	662
Probolinggo Barat	35	686	686	0	671
Probolinggo Timur	29	560	560	562	0

Tabel 5. 41 Matriks Asal Tujuan Kendaraan Golongan V Tahun 2047

	Pasuruan	Grati	Tongas	Probolinggo Barat	Probolinggo Timur
Pasuruan	0	2	2	2	2
Grati	2	0	317	314	299
Tongas	2	317	0	314	299
Probolinggo Barat	2	310	310	0	292
Probolinggo Timur	2	252	252	252	0

Matriks asal tujuan tiap golongan pada tabel di atas merupakan data lalu lintas harian rata rata tahunan berdasarkan asal dan tujuan kendaraan. Matriks asal tujuan ini perlu dikalikan dengan faktor k, yaitu faktor pengubah LHRT menjadi arus jam puncak. Mengacu pada Pedoman Kapasitas Jalan Indonesia (PKJI) 2014, pada tabel A.6 digunakan faktor k sebesar 0,11.

Tabel 5. 42 Matriks Asal Tujuan Arus Jam Puncak Kendaraan Golongan I Tahun 2047

	Pasuruan	Grati	Tongas	Probolinggo Barat	Probolinggo Timur
Pasuruan	0	354	345	354	535
Grati	385	0	355	364	551
Tongas	345	327	0	327	494
Probolinggo Barat	385	365	356	0	552
Probolinggo Timur	473	448	437	448	0

Tabel 5. 43 Matriks Asal Tujuan Arus Jam Puncak Kendaraan
Golongan II Tahun 2047

	Pasuruan	Grati	Tongas	Probolinggo Barat	Probolinggo Timur
Pasuruan	0	7	7	7	6
Grati	8	0	390	390	341
Tongas	8	391	0	391	342
Probolinggo Barat	8	391	391	0	342
Probolinggo Timur	6	289	290	290	0

Tabel 5. 44 Matriks Asal Tujuan Arus Jam Puncak Kendaraan
Golongan III Tahun 2047

	Pasuruan	Grati	Tongas	Probolinggo Barat	Probolinggo Timur
Pasuruan	0	2	2	2	2
Grati	2	0	93	93	98
Tongas	2	93	0	93	98
Probolinggo Barat	2	92	92	0	97
Probolinggo Timur	1	83	83	83	0

Tabel 5. 45 Matriks Asal Tujuan Arus Jam Puncak Kendaraan
Golongan IV Tahun 2047

	Pasuruan	Grati	Tongas	Probolinggo Barat	Probolinggo Timur
Pasuruan	0	4	4	4	4
Grati	4	0	75	75	73
Tongas	4	75	0	75	73
Probolinggo Barat	4	75	75	0	74
Probolinggo Timur	3	62	62	62	0

Tabel 5. 46 Matriks Asal Tujuan Arus Jam Puncak Kendaraan
Golongan V Tahun 2047

	Pasuruan	Grati	Tongas	Probolinggo Barat	Probolinggo Timur
Pasuruan	0	0	0	0	0
Grati	0	0	35	35	33
Tongas	0	35	0	35	33
Probolinggo Barat	0	34	34	0	32
Probolinggo Timur	0	28	28	28	0

5.7.1. Analisis Tingkat Kedatangan

Setelah matriks asal tujuan dikalikan dengan faktor k maka didapatkan matriks asal tujuan pada arus jam puncak. Selanjutnya yaitu mendistribusikan kendaraan masing-masing golongan ke tiap-tiap gerbang tol Pasuruan - Probolinggo yang direncanakan. Karena pada jalan tol pasuruan probolinggo ini direncanakan gerbang tol sistem tertutup, maka distribusi kendaraan bisa didapatkan dari hasil penjumlahan matriks asal tujuan, penjumlahan secara horizontal untuk mendapatkan jumlah kendaraan yang masuk ke gerbang, dan penjumlahan secara vertikal untuk mendapatkan jumlah kendaraan yang keluar dari gerbang. Distribusi kendaraan pada tiap tiap gerbang tol dapat dilihat pada tabel berikut:

Tabel 5. 47 Jumlah Kendaraan Masuk Tiap Gerbang

Golongan	Jumlah Kendaraan Masuk ke Gerbang				Jumlah Kendaraan
	Grati	Tongas	Probolinggo	Probolinggo	
I	1654	1493	1657	1806	6611
II	1128	1132	1132	874	4266
III	286	286	282	250	1103
IV	226	226	229	188	870
V	103	103	101	83	389

Tabel 5. 48 Jumlah Kendaraan Keluar Tiap Gerbang

Golongan	Jumlah Kendaraan Keluar dari Gerbang				Jumlah Kendaraan
	Grati	Tongas	Probolinggo	Probolinggo	
I	1493	1493	1493	2132	6611
II	1078	1078	1078	1032	4266
III	270	270	270	295	1103
IV	216	216	216	223	870
V	97	97	97	98	389

Data distribusi kendaraan diatas masih berupa kendaraan/jam, dan harus diubah menjadi emp/jam dengan dikalikan faktor ekr (ekivalen kendaraan ringan). Faktor pengali ekr dapat dilihat pada Pedoman Kapasitas Jalan Indonesia (PKJI) 2014 tabel B.1 dan tabel B.2. Berikut adalah distribusi kendaraan pada tiap gerbang tol setelah dikalikan faktor ekr:

Tabel 5. 49 Jumlah Kendaraan Masuk Tiap Gerbang Setelah Dikalikan Faktor EKR

Golongan	Jumlah Kendaraan Masuk ke Gerbang (ekr/Jam)				Jumlah Kendaraan
	Grati	Tongas	Probolinggo Barat	Probolinggo Timur	
I	1654	1493	1657	1806	6611
II	1354	1358	1358	1049	5119
III	457	457	451	400	1765
IV	362	362	366	301	1392
V	164	164	161	133	622

Tabel 5. 50 Jumlah Kendaraan Keluar Tiap Gerbang Setelah Dikalikan Faktor EKR

Golongan	Jumlah Kendaraan Keluar dari Gerbang (ekr/Jam)				Jumlah Kendaraan
	Grati	Tongas	Probolinggo Barat	Probolinggo Timur	
I	1493	1493	1493	2132	6611
II	1293	1294	1294	1239	5119
III	431	431	431	471	1765
IV	345	345	345	357	1392
V	155	155	155	157	622

5.7.2. Analisis Intensitas Lalu Lintas Tahun 2047

Setelah menganalisis waktu pelayanan dan tingkat kedatangan pada setiap gerbang tol Pasuruan - Probolinggo, langkah selanjutnya yaitu menganalisis intensitas lalu lintas. Intensitas lalu lintas yang dianalisis yaitu intensitas gardu tol konvensional, gardu tol otomatis, dan gardu tol *on board unit* pada tiap gerbang tol Pasuruan - Probolinggo. Untuk menganalisis intensitas lalu lintas digunakan waktu pelayanan sesuai dengan standar pelayanan minimum menurut Peraturan Menteri Pekerjaan Umum Republik Indonesia Nomor 16/PRT/M/2014 tentang Standar Pelayanan Minimum Jalan Tol. Sedangkan untuk waktu pelayanan minimal gardu tol *on board unit*, digunakan waktu pelayanan hasil survei yang sudah di analisis. Perencanaan gerbang tol Pasuruan - Probolinggo menggunakan gerbang tol sistem tertutup, dimana pengemudi diharuskan mengambil kartu tol ketika masuk, dan mengembalikan serta membayar ketika keluar gerbang tol.

5.7.2.1. Analisis Intensitas Gerbang I Tahun 2047

Perencanaan gerbang tol Pasuruan - Probolinggo pada tahun 2047 menggunakan gardu tol otomatis dan gardu tol *on board unit*. Perhitungan analisis intensitas lalu lintas gerbang tol grati sebagai berikut:

Gardu Tol Masuk :

Waktu pelayanan 1 adalah ambil kartu untuk gardu tol otomatis.

Waktu pelayanan 2 adalah gardu tol masuk *on board unit*.

Jumlah gardu tol otomatis : 4 gardu

Jumlah gardu tol *on board unit* : 2 gardu

λ total : 3992 emp/jam

λ gardu tol otomatis : $75\% \times \frac{3992}{4}$

: 748 emp/jam

λ gardu tol *on board unit* : $25\% \times \frac{3992}{2}$

: 499 emp/jam

Waktu Pelayanan 1 : 4 detik

μ_1 : $\frac{3600}{4} = 900$ emp/jam

Waktu Pelayanan 2 : 4 detik

μ_2 : $\frac{3600}{4} = 900$ emp/jam

Gardu tol otomatis (ambil kartu) :

$$\rho_1 = \frac{\lambda_1}{\mu_1} < 1$$

$$\rho_1 = \frac{748}{900} < 1$$

$$\rho_1 = 0,832 < 1 \text{ (OK)}$$

Gardu tol *on board unit* (masuk) :

$$\rho_2 = \frac{\lambda_2}{\mu_2} < 1$$

$$\rho_2 = \frac{499}{900} < 1$$

$$\rho_2 = 0,554 < 1 \text{ (OK)}$$

ρ_1 dan ρ_2 pada gerbang tol Grati arah masuk < 1 sehingga aman.

Gardu Tol Keluar :

Waktu pelayanan 1 adalah lamanya transaksi untuk gardu tol otomatis.

Waktu pelayanan 2 adalah gardu tol keluar *on board unit*.

Jumlah gardu tol otomatis : 5 gardu

Jumlah gardu tol *on board unit* : 2 gardu

λ total : 3717 emp/jam

λ gardu tol otomatis : $75\% \times \frac{3717}{5}$

: 558 emp/jam

λ gardu tol *on board unit* : $25\% \times \frac{3717}{2}$

: 465 emp/jam

Waktu Pelayanan 1 : 5 detik

μ_1 : $\frac{3600}{5} = 720 \text{ emp/jam}$

Waktu Pelayanan 2 : 4 detik

μ_2 : $\frac{3600}{4} = 900 \text{ emp/jam}$

Gardu tol otomatis (keluar) :

$$\rho_1 = \frac{\lambda_1}{\mu_1} < 1$$

$$\rho_1 = \frac{558}{720} < 1$$

$$\rho_1 = 0,774 < 1 \text{ (OK)}$$

Gardu tol *on board unit* (keluar) :

$$\rho_2 = \frac{\lambda_2}{\mu_2} < 1$$

$$\rho_2 = \frac{465}{900} < 1$$

$$\rho_2 = 0,516 < 1 \text{ (OK)}$$

ρ_1 dan ρ_2 pada gerbang tol Grati arah keluar < 1 sehingga aman.

5.7.2.2. Analisis Intensitas Gerbang II Tahun 2047

Perhitungan analisis intensitas lalu lintas gerbang tol Tongas sebagai berikut:

Gardu Tol Masuk :

Waktu pelayanan 1 adalah ambil kartu untuk gardu tol otomatis.

Waktu pelayanan 2 adalah gardu tol masuk *on board unit*.

Jumlah gardu tol otomatis : 4 gardu

Jumlah gardu tol *on board unit* : 2 gardu

λ total : 3834 emp/jam

λ gardu tol otomatis : $75\% \times \frac{3834}{4}$

: 719 emp/jam

λ gardu tol *on board unit* : $25\% \times \frac{3834}{2}$

: 479 emp/jam

Waktu Pelayanan 1 : 4 detik

μ_1 : $\frac{3600}{4} = 900 \text{ emp/jam}$

Waktu Pelayanan 2 : 4 detik

$$\mu_2 : \frac{3600}{4} = 900 \text{ emp/jam}$$

Gardu tol otomatis (ambil kartu) :

$$\rho_1 = \frac{\lambda_1}{\mu_1} < 1$$

$$\rho_1 = \frac{719}{900} < 1$$

$$\rho_1 = 0,799 < 1 \text{ (OK)}$$

Gardu tol *on board unit* (masuk) :

$$\rho_2 = \frac{\lambda_2}{\mu_2} < 1$$

$$\rho_2 = \frac{479}{900} < 1$$

$$\rho_2 = 0,533 < 1 \text{ (OK)}$$

ρ_1 dan ρ_2 pada gerbang tol Grati arah masuk < 1 sehingga aman.

Gardu Tol Keluar :

Waktu pelayanan 1 adalah lamanya transaksi untuk gardu tol otomatis.

Waktu pelayanan 2 adalah gardu tol keluar *on board unit*.

Jumlah gardu tol otomatis : 5 gardu

Jumlah gardu tol *on board unit* : 2 gardu

λ total : 3718 emp/jam

λ gardu tol otomatis : $75\% \times \frac{3718}{5}$

: 558 emp/jam

λ gardu tol *on board unit* : $25\% \times \frac{3718}{2}$

: 465 emp/jam

Waktu Pelayanan 1

: 5 detik

$$\begin{aligned}\mu_1 &: \frac{3600}{5} = 720 \text{ emp/jam} \\ \text{Waktu Pelayanan 2} &: 4 \text{ detik} \\ \mu_2 &: \frac{3600}{4} = 900 \text{ emp/jam}\end{aligned}$$

Gardu tol otomatis (keluar) :

$$\begin{aligned}\rho_1 &= \frac{\lambda_1}{\mu_1} < 1 \\ \rho_1 &= \frac{558}{720} < 1 \\ \rho_1 &= 0,775 < 1 \text{ (OK)}\end{aligned}$$

Gardu tol *on board unit* (keluar) :

$$\begin{aligned}\rho_2 &= \frac{\lambda_2}{\mu_2} < 1 \\ \rho_2 &= \frac{465}{900} < 1 \\ \rho_2 &= 0,516 < 1 \text{ (OK)} \\ \rho_1 \text{ dan } \rho_2 \text{ pada gerbang tol Grati arah keluar} &< 1 \text{ sehingga aman.}\end{aligned}$$

5.7.2.3. Analisis Intensitas Gerbang III Tahun 2047

Perhitungan analisis intensitas lalu lintas gerbang tol Probolinggo Barat sebagai berikut:

Gardu Tol Masuk :

Waktu pelayanan 1 adalah ambil kartu untuk gardu tol otomatis.

Waktu pelayanan 2 adalah gardu tol masuk *on board unit*.

$$\begin{aligned}\text{Jumlah gardu tol otomatis} &: 4 \text{ gardu} \\ \text{Jumlah gardu tol } on board unit &: 2 \text{ gardu} \\ \lambda \text{ total} &: 3993 \text{ emp/jam} \\ \lambda \text{ gardu tol otomatis} &: 75\% \times \frac{3993}{4} \\ &: 749 \text{ emp/jam}\end{aligned}$$

λ gardu tol <i>on board unit</i>	: $25\% \times \frac{3993}{2}$
	: 499 emp/jam
Waktu Pelayanan 1	: 4 detik
$\mu 1$: $\frac{3600}{4} = 900$ emp/jam
Waktu Pelayanan 2	: 4 detik
$\mu 2$: $\frac{3600}{4} = 900$ emp/jam

Gardu tol otomatis (ambil kartu) :

$$\rho 1 = \frac{\lambda 1}{\mu 1} < 1$$

$$\rho 1 = \frac{749}{900} < 1$$

$$\rho 1 = 0,832 < 1 \text{ (OK)}$$

Gardu tol *on board unit* (masuk) :

$$\rho 2 = \frac{\lambda 2}{\mu 2} < 1$$

$$\rho 2 = \frac{499}{900} < 1$$

$$\rho 2 = 0,555 < 1 \text{ (OK)}$$

$\rho 1$ dan $\rho 2$ pada gerbang tol Grati arah masuk < 1 sehingga aman.

Gardu Tol Keluar :

Waktu pelayanan 1 adalah lamanya transaksi untuk gardu tol otomatis.

Waktu pelayanan 2 adalah gardu tol keluar *on board unit*.

Jumlah gardu tol otomatis : 5 gardu

Jumlah gardu tol *on board unit* : 2 gardu

λ total : 3718 emp/jam

$$\begin{aligned}
 \lambda \text{ gardu tol otomatis} & : 75\% \times \frac{3718}{5} \\
 & : 558 \text{ emp/jam} \\
 \lambda \text{ gardu tol } on \text{ board unit} & : 25\% \times \frac{3718}{2} \\
 & : 465 \text{ emp/jam} \\
 \text{Waktu Pelayanan 1} & : 5 \text{ detik} \\
 \mu 1 & : \frac{3600}{5} = 720 \text{ emp/jam} \\
 \text{Waktu Pelayanan 2} & : 4 \text{ detik} \\
 \mu 2 & : \frac{3600}{4} = 900 \text{ emp/jam}
 \end{aligned}$$

Gardu tol otomatis (keluar) :

$$\rho 1 = \frac{\lambda 1}{\mu 1} < 1$$

$$\rho 1 = \frac{558}{720} < 1$$

$$\rho 1 = 0,775 < 1 \text{ (OK)}$$

Gardu tol on board unit (keluar) :

$$\rho 2 = \frac{\lambda 2}{\mu 2} < 1$$

$$\rho 2 = \frac{465}{900} < 1$$

$$\rho 2 = 0,516 < 1 \text{ (OK)}$$

$\rho 1$ dan $\rho 2$ pada gerbang tol Grati arah keluar < 1 sehingga aman.

5.7.2.4. Analisis Gerbang IV Tahun 2047

Perhitungan analisis intensitas lalu lintas gerbang tol Probolinggo Timur sebagai berikut:

Gardu Tol Masuk :

Waktu pelayanan 1 adalah ambil kartu untuk gardu tol otomatis.

Waktu pelayanan 2 adalah gardu tol masuk *on board unit*.

Jumlah gardu tol otomatis : 4 gardu

Jumlah gardu tol *on board unit* : 2 gardu

λ total : 3690 emp/jam

λ gardu tol otomatis : $75\% \times \frac{3690}{4}$

: 692 emp/jam

λ gardu tol *on board unit* : $25\% \times \frac{3690}{2}$

: 461 emp/jam

Waktu Pelayanan 1 : 4 detik

μ_1 : $\frac{3600}{4} = 900$ emp/jam

Waktu Pelayanan 2 : 4 detik

μ_2 : $\frac{3600}{4} = 900$ emp/jam

Gardu tol otomatis (ambil kartu) :

$$\rho_1 = \frac{\lambda_1}{\mu_1} < 1$$

$$\rho_1 = \frac{692}{900} < 1$$

$$\rho_1 = 0,769 < 1 \text{ (OK)}$$

Gardu tol *on board unit* (masuk) :

$$\rho_2 = \frac{\lambda_2}{\mu_2} < 1$$

$$\rho_2 = \frac{461}{900} < 1$$

$$\rho_2 = 0,512 < 1 \text{ (OK)}$$

ρ_1 dan ρ_2 pada gerbang tol Grati arah masuk < 1 sehingga aman.

Gardu Tol Keluar :

Waktu pelayanan 1 adalah lamanya transaksi untuk gardu tol otomatis.

Waktu pelayanan 2 adalah gardu tol keluar *on board unit*.

Jumlah gardu tol otomatis : 5 gardu

Jumlah gardu tol *on board unit* : 2 gardu

λ total : 4356 emp/jam

λ gardu tol otomatis : $75\% \times \frac{4356}{5}$

: 653 emp/jam

λ gardu tol *on board unit* : $25\% \times \frac{4356}{2}$

: 545 emp/jam

Waktu Pelayanan 1 : 5 detik

μ_1 : $\frac{3600}{5} = 720$ emp/jam

Waktu Pelayanan 2 : 4 detik

μ_2 : $\frac{3600}{4} = 900$ emp/jam

Gardu tol otomatis (keluar) :

$$\rho_1 = \frac{\lambda_1}{\mu_1} < 1$$

$$\rho_1 = \frac{653}{720} < 1$$

$$\rho_1 = 0,908 < 1 \text{ (OK)}$$

Gardu tol *on board unit* (keluar) :

$$\rho_2 = \frac{\lambda_2}{\mu_2} < 1$$

$$\rho_2 = \frac{545}{900} < 1$$

$$\rho_2 = 0,605 < 1 \text{ (OK)}$$

ρ_1 dan ρ_2 pada gerbang tol Grati arah keluar < 1 sehingga aman.

5.7.3. Analisis Antrian Gerbang Tol

Analisis antrian pada gerbang tol Pasuruan - Probolinggo menggunakan analisis antrian FIFO. Analisis antrian dilakukan untuk mengetahui panjang antrian dan lama waktu mengantri dengan kondisi yang sama pada dengan analisis lalu lintas.

5.7.3.1. Analisis Antrian Gerbang I Tahun 2047

Diketahui :

Gardu Tol Masuk

Waktu pelayanan 1 adalah ambil kartu untuk gardu tol otomatis

Waktu pelayanan 2 adalah gardu tol masuk *on board unit*

Jumlah gardu tol otomatis : 4 gardu

Jumlah gardu tol *on board unit* : 2 gardu

λ total : 3992 emp/jam

λ gardu tol otomatis : $75\% \times \frac{3992}{4}$

: 748 emp/jam

λ gardu tol *on board unit* : $25\% \times \frac{3992}{2}$

: 499 emp/jam

Waktu Pelayanan 1 : 4 detik

μ_1 : $\frac{3600}{4} = 900 \text{ emp/jam}$

Waktu Pelayanan 2 : 4 detik

μ_2 : $\frac{3600}{4} = 900 \text{ emp/jam}$

ρ_1 : 0,832

ρ_2 : 0,554

Gardu tol otomatis (ambil kartu)

$$n = \frac{\rho}{1-\rho} = \frac{0,832}{1-0,832} = 5 \text{ emp}$$

$$q = \frac{\rho^2}{1-\rho} = \frac{0,832^2}{1-0,832} = 4 \text{ emp} < 10 \text{ emp (OK)}$$

$$d = \frac{1}{\mu - \lambda} = \frac{1}{900 - 748} \times 3600 = 23,76 \text{ detik}$$

$$w = d - \frac{1}{\mu} \times 3600 = 23,76 - \frac{1}{900} \times 3600 = 19,76 \text{ detik}$$

Gardu tol *on board unit* (masuk)

$$n = \frac{\rho}{1-\rho} = \frac{0,554}{1-0,554} = 2 \text{ emp}$$

$$q = \frac{\rho^2}{1-\rho} = \frac{0,554^2}{1-0,554} = 1 \text{ emp} < 10 \text{ emp (OK)}$$

$$d = \frac{1}{\mu - \lambda} = \frac{1}{900 - 499} \times 3600 = 8,98 \text{ detik}$$

$$w = d - \frac{1}{\mu} \times 3600 = 8,98 - \frac{1}{900} \times 3600 = 4,98 \text{ detik}$$

Diketahui :

Gardu Tol Keluar

Waktu pelayanan 1 lamanya transaksi untuk gardu tol otomatis

Waktu pelayanan 2 adalah gardu tol keluar *on board unit*

Jumlah gardu tol otomatis : 5 gardu

Jumlah gardu tol *on board unit* : 2 gardu

λ total : 3717 emp/jam

λ gardu tol otomatis : $75\% \times \frac{3717}{5}$

: 558 emp/jam

$$\begin{aligned}
 \lambda \text{ gardu tol } on \text{ board unit} & : 25\% \times \frac{3717}{2} \\
 & : 465 \text{ emp/jam} \\
 \text{Waktu Pelayanan 1} & : 5 \text{ detik} \\
 \mu 1 & : \frac{3600}{5} = 720 \text{ emp/jam} \\
 \text{Waktu Pelayanan 2} & : 4 \text{ detik} \\
 \mu 2 & : \frac{3600}{4} = 900 \text{ emp/jam} \\
 \rho 1 & : 0,774 \\
 \rho 2 & : 0,516
 \end{aligned}$$

Gardu tol otomatis (keluar)

$$\begin{aligned}
 n &= \frac{\rho}{1-\rho} = \frac{0,774}{1-0,774} = 4 \text{ emp} \\
 q &= \frac{\rho^2}{1-\rho} = \frac{0,774^2}{1-0,774} = 3 \text{ emp} < 10 \text{ emp (OK)} \\
 d &= \frac{1}{\mu - \lambda} = \frac{1}{720 - 558} \times 3600 = 22,17 \text{ detik} \\
 w &= d - \frac{1}{\mu} \times 3600 = 22,17 - \frac{1}{900} \times 3600 = 17,17 \text{ detik}
 \end{aligned}$$

Gardu tol on board unit (keluar)

$$\begin{aligned}
 n &= \frac{\rho}{1-\rho} = \frac{0,516}{1-0,516} = 2 \text{ emp} \\
 q &= \frac{\rho^2}{1-\rho} = \frac{0,516^2}{1-0,516} = 1 \text{ emp} < 10 \text{ emp (OK)} \\
 d &= \frac{1}{\mu - \lambda} = \frac{1}{900 - 465} \times 3600 = 8,27 \text{ detik} \\
 w &= d - \frac{1}{\mu} \times 3600 = 8,27 - \frac{1}{900} \times 3600 = 4,27 \text{ detik}
 \end{aligned}$$

5.7.3.2. Analisis Antrian Gerbang II Tahun 2047

Diketahui :

Gardu Tol Masuk

Waktu pelayanan 1 adalah ambil kartu untuk gardu tol otomatis

Waktu pelayanan 2 adalah gardu tol masuk *on board unit*

Jumlah gardu tol otomatis : 4 gardu

Jumlah gardu tol *on board unit* : 2 gardu

λ total : 3834 emp/jam

λ gardu tol otomatis : $75\% \times \frac{3834}{4}$

: 719 emp/jam

λ gardu tol *on board unit* : $25\% \times \frac{3934}{2}$

: 479 emp/jam

Waktu Pelayanan 1 : 4 detik

μ_1 : $\frac{3600}{4} = 900$ emp/jam

Waktu Pelayanan 2 : 4 detik

μ_2 : $\frac{3600}{4} = 900$ emp/jam

ρ_1 : 0,799

ρ_2 : 0,533

Gardu tol otomatis (ambil kartu)

$$n = \frac{\rho}{1 - \rho} = \frac{0,799}{1 - 0,799} = 4 \text{ emp}$$

$$q = \frac{\rho^2}{1 - \rho} = \frac{0,799^2}{1 - 0,799} = 3 \text{ emp} < 10 \text{ emp (OK)}$$

$$d = \frac{1}{\mu - \lambda} = \frac{1}{900 - 719} \times 3600 = 19,89 \text{ detik}$$

$$w = d - \frac{1}{\mu} \times 3600 = 19,89 - \frac{1}{900} \times 3600 = 15,89 \text{ detik}$$

Gardu tol *on board unit* (masuk)

$$n = \frac{\rho}{1-\rho} = \frac{0,533}{1-0,533} = 2 \text{ emp}$$

$$q = \frac{\rho^2}{1-\rho} = \frac{0,533^2}{1-0,533} = 1 \text{ emp} < 10 \text{ emp (OK)}$$

$$d = \frac{1}{\mu - \lambda} = \frac{1}{900 - 479} \times 3600 = 8,56 \text{ detik}$$

$$w = d - \frac{1}{\mu} \times 3600 = 8,56 - \frac{1}{900} \times 3600 = 4,56 \text{ detik}$$

Diketahui :

Gardu Tol Keluar

Waktu pelayanan 1 lamanya transaksi untuk gardu tol otomatis

Waktu pelayanan 2 adalah gardu tol keluar *on board unit*

Jumlah gardu tol otomatis : 5 gardu

Jumlah gardu tol *on board unit* : 2 gardu

λ total : 3718 emp/jam

λ gardu tol otomatis : $75\% \times \frac{3718}{5}$

: 558 emp/jam

λ gardu tol *on board unit* : $25\% \times \frac{3718}{2}$

: 465 emp/jam

Waktu Pelayanan 1 : 5 detik

μ_1 : $\frac{3600}{5} = 720 \text{ emp/jam}$

Waktu Pelayanan 2 : 4 detik

$$\mu_2 : \frac{3600}{4} = 900 \text{ emp/jam}$$

$$\rho_1 : 0,775$$

$$\rho_2 : 0,516$$

Gardu tol otomatis (keluar)

$$n = \frac{\rho}{1-\rho} = \frac{0,775}{1-0,775} = 4 \text{ emp}$$

$$q = \frac{\rho^2}{1-\rho} = \frac{0,775^2}{1-0,775} = 3 \text{ emp} < 10 \text{ emp (OK)}$$

$$d = \frac{1}{\mu - \lambda} = \frac{1}{720 - 558} \times 3600 = 22,18 \text{ detik}$$

$$w = d - \frac{1}{\mu} \times 3600 = 22,18 - \frac{1}{900} \times 3600 = 17,18 \text{ detik}$$

Gardu tol *on board unit* (keluar)

$$n = \frac{\rho}{1-\rho} = \frac{0,516}{1-0,516} = 2 \text{ emp}$$

$$q = \frac{\rho^2}{1-\rho} = \frac{0,516^2}{1-0,516} = 1 \text{ emp} < 10 \text{ emp (OK)}$$

$$d = \frac{1}{\mu - \lambda} = \frac{1}{900 - 465} \times 3600 = 8,27 \text{ detik}$$

$$w = d - \frac{1}{\mu} \times 3600 = 8,27 - \frac{1}{900} \times 3600 = 4,27 \text{ detik}$$

5.7.3.3. Analisis Antrian Gerbang III Tahun 2047

Diketahui :

Gardu Tol Masuk

Waktu pelayanan 1 adalah ambil kartu untuk gardu tol otomatis

Waktu pelayanan 2 adalah gardu tol masuk *on board unit*

Jumlah gardu tol otomatis : 4 gardu

Jumlah gardu tol *on board unit* : 2 gardu

$$\begin{aligned}
 \lambda \text{ total} & : 3993 \text{ emp/jam} \\
 \lambda \text{ gardu tol otomatis} & : 75\% \times \frac{3993}{4} \\
 & : 749 \text{ emp/jam} \\
 \lambda \text{ gardu tol on board unit} & : 25\% \times \frac{3993}{2} \\
 & : 499 \text{ emp/jam} \\
 \text{Waktu Pelayanan 1} & : 4 \text{ detik} \\
 \mu 1 & : \frac{3600}{4} = 900 \text{ emp/jam} \\
 \text{Waktu Pelayanan 2} & : 4 \text{ detik} \\
 \mu 2 & : \frac{3600}{4} = 900 \text{ emp/jam} \\
 \rho 1 & : 0,832 \\
 \rho 2 & : 0,555
 \end{aligned}$$

Gardu tol otomatis (ambil kartu)

$$\begin{aligned}
 n &= \frac{\rho}{1-\rho} = \frac{0,832}{1-0,832} = 5 \text{ emp} \\
 q &= \frac{\rho^2}{1-\rho} = \frac{0,832^2}{1-0,832} = 4 \text{ emp} < 10 \text{ emp (OK)} \\
 d &= \frac{1}{\mu - \lambda} = \frac{1}{900 - 749} \times 3600 = 23,79 \text{ detik} \\
 w &= d - \frac{1}{\mu} \times 3600 = 23,79 - \frac{1}{900} \times 3600 = 19,79 \text{ detik}
 \end{aligned}$$

Gardu tol on board unit (masuk)

$$\begin{aligned}
 n &= \frac{\rho}{1-\rho} = \frac{0,555}{1-0,555} = 2 \text{ emp} \\
 q &= \frac{\rho^2}{1-\rho} = \frac{0,555^2}{1-0,555} = 1 \text{ emp} < 10 \text{ emp (OK)}
 \end{aligned}$$

$$d = \frac{1}{\mu - \lambda} = \frac{1}{900 - 499} \times 3600 = 8,98 \text{ detik}$$

$$w = d - \frac{1}{\mu} \times 3600 = 8,98 - \frac{1}{900} \times 3600 = 4,98 \text{ detik}$$

Diketahui :

Gardu Tol Keluar

Waktu pelayanan 1 lamanya transaksi untuk gardu tol otomatis

Waktu pelayanan 2 adalah gardu tol keluar *on board unit*

Jumlah gardu tol otomatis : 5 gardu

Jumlah gardu tol *on board unit* : 2 gardu

λ total : 3718 emp/jam

λ gardu tol otomatis : $75\% \times \frac{3718}{5}$

: 558 emp/jam

λ gardu tol *on board unit* : $25\% \times \frac{3718}{2}$

: 465 emp/jam

Waktu Pelayanan 1 : 5 detik

μ_1 : $\frac{3600}{5} = 720 \text{ emp/jam}$

Waktu Pelayanan 2 : 4 detik

μ_2 : $\frac{3600}{4} = 900 \text{ emp/jam}$

ρ_1 : 0,775

ρ_2 : 0,516

Gardu tol otomatis (keluar)

$$n = \frac{\rho}{1 - \rho} = \frac{0,775}{1 - 0,775} = 4 \text{ emp}$$

$$q = \frac{\rho^2}{1 - \rho} = \frac{0,775^2}{1 - 0,775} = 3 \text{ emp} < 10 \text{ emp (OK)}$$

$$d = \frac{1}{\mu - \lambda} = \frac{1}{720 - 558} \times 3600 = 22,19 \text{ detik}$$

$$w = d - \frac{1}{\mu} \times 3600 = 22,19 - \frac{1}{720} \times 3600 = 17,19 \text{ detik}$$

Gardu tol *on board unit* (keluar)

$$n = \frac{\rho}{1 - \rho} = \frac{0,516}{1 - 0,516} = 2 \text{ emp}$$

$$q = \frac{\rho^2}{1 - \rho} = \frac{0,516^2}{1 - 0,516} = 1 \text{ emp} < 10 \text{ emp (OK)}$$

$$d = \frac{1}{\mu - \lambda} = \frac{1}{900 - 465} \times 3600 = 8,27 \text{ detik}$$

$$w = d - \frac{1}{\mu} \times 3600 = 8,27 - \frac{1}{900} \times 3600 = 4,27 \text{ detik}$$

5.7.3.4. Analisis Antrian Gerbang IV Tahun 2047

Diketahui :

Gardu Tol Masuk

Waktu pelayanan 1 adalah ambil kartu untuk gardu tol otomatis

Waktu pelayanan 2 adalah gardu tol masuk *on board unit*

Jumlah gardu tol otomatis : 4 gardu

Jumlah gardu tol *on board unit* : 2 gardu

λ total : 3690 emp/jam

λ gardu tol otomatis : $75\% \times \frac{3690}{4}$

: 692 emp/jam

λ gardu tol *on board unit* : $25\% \times \frac{3690}{2}$

: 461 emp/jam

Waktu Pelayanan 1

: 4 detik

$$\begin{aligned}\mu_1 &: \frac{3600}{4} = 900 \text{ emp/jam} \\ \text{Waktu Pelayanan 2} &: 4 \text{ detik} \\ \mu_2 &: \frac{3600}{4} = 900 \text{ emp/jam} \\ \rho_1 &: 0,769 \\ \rho_2 &: 0,512\end{aligned}$$

Gardu tol otomatis (ambil kartu)

$$\begin{aligned}n &= \frac{\rho}{1-\rho} = \frac{0,769}{1-0,769} = 4 \text{ emp} \\ q &= \frac{\rho^2}{1-\rho} = \frac{0,769^2}{1-0,769} = 3 \text{ emp} < 10 \text{ emp (OK)} \\ d &= \frac{1}{\mu - \lambda} = \frac{1}{900 - 692} \times 3600 = 17,29 \text{ detik} \\ w &= d - \frac{1}{\mu} \times 3600 = 17,29 - \frac{1}{900} \times 3600 = 13,29 \text{ detik}\end{aligned}$$

Gardu tol *on board unit* (masuk)

$$\begin{aligned}n &= \frac{\rho}{1-\rho} = \frac{0,512}{1-0,512} = 2 \text{ emp} \\ q &= \frac{\rho^2}{1-\rho} = \frac{0,512^2}{1-0,512} = 1 \text{ emp} < 10 \text{ emp (OK)} \\ d &= \frac{1}{\mu - \lambda} = \frac{1}{900 - 461} \times 3600 = 8,20 \text{ detik} \\ w &= d - \frac{1}{\mu} \times 3600 = 8,20 - \frac{1}{900} \times 3600 = 4,20 \text{ detik}\end{aligned}$$

Diketahui :

Gardu Tol Keluar

Waktu pelayanan 1 lamanya transaksi untuk gardu tol otomatis

Waktu pelayanan 2 adalah gardu tol keluar *on board unit*

Jumlah gardu tol otomatis : 5 gardu

Jumlah gardu tol *on board unit* : 2 gardu

λ total : 4356 emp/jam

λ gardu tol otomatis : $75\% \times \frac{4356}{5}$

: 653 emp/jam

λ gardu tol *on board unit* : $25\% \times \frac{4356}{2}$

: 545 emp/jam

Waktu Pelayanan 1 : 5 detik

μ_1 : $\frac{3600}{5} = 720$ emp/jam

Waktu Pelayanan 2 : 4 detik

μ_2 : $\frac{3600}{4} = 900$ emp/jam

ρ_1 : 0,908

ρ_2 : 0,605

Gardu tol otomatis (keluar)

$$n = \frac{\rho}{1-\rho} = \frac{0,908}{1-0,908} = 10 \text{ emp}$$

$$q = \frac{\rho^2}{1-\rho} = \frac{0,908^2}{1-0,908} = 9 \text{ emp} < 10 \text{ emp (OK)}$$

$$d = \frac{1}{\mu - \lambda} = \frac{1}{720 - 653} \times 3600 = 54,06 \text{ detik}$$

$$w = d - \frac{1}{\mu} \times 3600 = 54,06 - \frac{1}{720} \times 3600 = 49,06 \text{ detik}$$

Gardu tol *on board unit* (keluar)

$$n = \frac{\rho}{1-\rho} = \frac{0,605}{1-0,605} = 2 \text{ emp}$$

$$q = \frac{\rho^2}{1-\rho} = \frac{0,605^2}{1-0,605} = 1 \text{ emp} < 10 \text{ emp (OK)}$$

$$d = \frac{1}{\mu - \lambda} = \frac{1}{900 - 545} \times 3600 = 10,13 \text{ detik}$$

$$w = d - \frac{1}{\mu} \times 3600 = 10,13 - \frac{1}{900} \times 3600 = 6,13 \text{ detik}$$

(Halaman ini sengaja dikosongkan)

BAB VI

KESIMPULAN

6.1. Kesimpulan

Berdasarkan hasil analisis dan pembahasan pada bab sebelumnya, dapat diambil kesimpulan sebagai berikut:

1. Tingkat kedatangan kendaraan pada gerbang tol Pasuruan - Probolinggo sebagai berikut:
 - a. Tahun 2017
 - Gerbang I Grati, tingkat kedatangan kendaraan arah masuk sebesar 815 emp/jam, arah keluar 759 emp/jam.
 - Gerbang II Tongas, tingkat kedatangan kendaraan arah masuk sebesar 783 emp/jam, arah keluar 759 emp/jam.
 - Gerbang III Probolinggo Barat, tingkat kedatangan kendaraan arah masuk sebesar 815 emp/jam, arah keluar 759 emp/jam.
 - Gerbang IV Probolinggo Timur, tingkat kedatangan kendaraan arah masuk sebesar 753 emp/jam, arah keluar 889 emp/jam.
 - a. Tahun 2032
 - Gerbang I Grati, tingkat kedatangan kendaraan arah masuk sebesar 1803 emp/jam, arah keluar 1679 emp/jam.
 - Gerbang II Tongas, tingkat kedatangan kendaraan arah masuk sebesar 1732 emp/jam, arah keluar 1680 emp/jam.
 - Gerbang III Probolinggo Barat, tingkat kedatangan kendaraan arah masuk sebesar 1804 emp/jam, arah keluar 1680 emp/jam.
 - Gerbang IV Probolinggo Timur, tingkat kedatangan kendaraan arah masuk sebesar 1667 emp/jam, arah keluar 1968 emp/jam.

- a. Tahun 2047
 - Gerbang I Grati, tingkat kedatangan kendaraan arah masuk sebesar 3992 emp/jam, arah keluar 3717 emp/jam.
 - Gerbang II Tongas, tingkat kedatangan kendaraan arah masuk sebesar 3834 emp/jam, arah keluar 3718 emp/jam.
 - Gerbang III Probolinggo Barat, tingkat kedatangan kendaraan arah masuk sebesar 3993 emp/jam, arah keluar 3718 emp/jam.
 - Gerbang IV Probolinggo Timur, tingkat kedatangan kendaraan arah masuk sebesar 3690 emp/jam, arah keluar 4356 emp/jam.
2. Jumlah gardu tol pada gerbang tol Pasuruan - Probolinggo tahun 2017 sebagai berikut:
 - Gerbang I Grati arah masuk terdapat 2 gardu tol konvensional dan 1 gardu tol otomatis dan *on board unit*, untuk arah keluar terdapat 2 gardu tol konvensional dan 1 gardu tol otomatis dan *on board unit*.
 - Gerbang II Tongas arah masuk terdapat 2 gardu tol konvensional dan 1 gardu tol otomatis dan *on board unit*, untuk arah keluar terdapat 2 gardu tol konvensional dan 1 gardu tol otomatis dan *on board unit*.
 - Gerbang III Probolinggo Barat arah masuk terdapat 2 gardu tol konvensional dan 1 gardu tol otomatis dan *on board unit*, untuk arah keluar terdapat 2 gardu tol konvensional dan 1 gardu tol otomatis dan *on board unit*.
 - Gerbang IV Probolinggo Timur arah masuk terdapat 1 gardu tol konvensional dan 1 gardu tol otomatis dan *on board unit*, untuk arah keluar

terdapat 3 gardu tol konvensional dan 1 gardu tol otomatis dan *on board unit*.

3. Jumlah gardu tol pada gerbang tol Pasuruan - Probolinggo tahun 2032 dan tahun 2047 sebagai berikut:
 - a. Tahun 2032
 - Gerbang I Grati arah masuk terdapat 3 gardu tol otomatis dan *on board unit*, untuk arah keluar terdapat 3 gardu tol otomatis dan *on board unit*.
 - Gerbang II Tongas arah masuk terdapat 3 gardu tol otomatis dan *on board unit*, untuk arah keluar terdapat 3 gardu tol otomatis dan *on board unit*.
 - Gerbang III Probolinggo Barat arah masuk terdapat 3 gardu tol otomatis dan *on board unit*, untuk arah keluar terdapat 3 gardu tol otomatis dan *on board unit*.
 - Gerbang IV Probolinggo Timur arah masuk terdapat 3 gardu tol otomatis dan *on board unit*, untuk arah keluar terdapat 3 gardu tol otomatis dan *on board unit*.
 - a. Tahun 2047
 - Gerbang I Grati arah masuk terdapat 4 gardu tol otomatis dan 2 gardu tol *on board unit*, untuk arah keluar terdapat 5 gardu tol otomatis dan 2 gardu tol *on board unit*
 - Gerbang II Tongas arah masuk terdapat 4 gardu tol otomatis dan 2 gardu tol *on board unit*, untuk arah keluar terdapat 5 gardu tol otomatis dan 2 gardu tol *on board unit*
 - Gerbang III Probolinggo Barat arah masuk terdapat 4 gardu tol otomatis dan 2 gardu tol *on board unit*, untuk arah keluar terdapat 5 gardu tol otomatis dan 2 gardu tol *on board unit*

- Gerbang IV Probolinggo Timur arah masuk terdapat 4 gardu tol otomatis dan 2 gardu tol *on board unit*, untuk arah keluar terdapat 5 gardu tol otomatis dan 2 gardu tol *on board unit*.

6.2. Saran

Berdasarkan hasil perencanaan, berikut saran yang dapat diberikan oleh penyusun kepada perencana gerbang tol, badan pengelola jalan tol, ataupun pemerintah:

1. Sosialisasi penggunaan e toll card pada pengguna jalan tol.
2. Survei waktu pelayanan dengan jumlah kendaraan yang lebih banyak.
3. Peninjauan lebih untuk analisis kedatangan mengenai penggunaan OBU untuk setiap golongan kendaraan.

DAFTAR PUSTAKA

Anonim. 2005 **Peraturan Pemerintah Republik Indonesia Nomor 15 Tahun 2005 Tentang Jalan Tol**. Jakarta.

Anonim. 2004. **Undang-Undang Republik Indonesia Nomor 38 Tahun 2004 Tentang Jalan**. Jakarta.

Departemen Pekerjaan Umum Direktorat Jenderal Bina Marga. 2009. **Standar Konstruksi dan Bangunan Nomor 007/BM/2009 Tentang Geometri Jalan Bebas Hambatan Untuk Jalan Tol**. Jakarta.

Kakiay, T.J. 2004. **Dasar Teori Antrian Untuk Kehidupan Nyata**. Yogyakarta. Penerbit Andi Offset.

Kementerian Pekerjaan Umum. 2007. **Keputusan Menteri Pekerjaan Umum Nomor 370/KPTS/2007 Tentang Golongan Jenis Kendaraan Bermotor Pada Jalan Tol Yang Sudah Beroperasi**. Jakarta.

Kementerian Pekerjaan Umum. 2014. **Peraturan Menteri Pekerjaan Umum Nomor 16/PRT/M/2014 Tentang Standar Pelayanan Minimal Jalan Tol**. Jakarta

Pranata, R.Z & Widyastuti, H. 2017. **Analisis Kinerja Pelayanan Pintu Tol Gempol-Pasuruan**. Surabaya

Walpole. 1995. **Ilmu Peluang dan Statistik untuk Insinyur dan Ilmuwan**. Bandung.

(Halaman ini sengaja dikosongkan)

LAMPIRAN

Lampiran 1 Iterasi Furness All or Nothing Kendaraan Golongan I

Iterasi 0

	Pasuruan	Grati	Tongas	Probolinggo Barat	Probolinggo Timur
Pasuruan	0	1	1	1	1
Grati	1	0	1	1	1
Tongas	1	1	0	1	1
Probolinggo Barat	1	1	1	0	1
Probolinggo Timur	1	1	1	1	0

d	4	4	4	4	4
D	2947	2770	2770	2770	3956
fd	736.8079495	692.5	692.5	692.5	989

O	fo
2947	736.8079495
3070	767.5
2770	692.5
3075	768.75
3351	837.75

Iterasi 1

	Pasuruan	Grati	Tongas	Probolinggo Barat	Probolinggo Timur	o O fo		
Pasuruan	0	737	737	737	737	2947	2947	1
Grati	768	0	768	768	768	3070	3070	1
Tongas	693	693	0	693	693	2770	2770	1
Probolinggo Barat	769	769	769	0	769	3075	3075	1
Probolinggo Timur	838	838	838	838	0	3351	3351	1
d	3067	3036	3111	3035	2966			
D	2947	2770	2770	2770	3956			
fd	0.961106081	0.912442436	0.890443912	0.912818291	1.333981688			

Iterasi 2

	Pasuruan	Grati	Tongas	Probolinggo Barat	Probolinggo Timur	o O fo		
Pasuruan	0	672	656	673	983	2984	2947	0.987730821
Grati	738	0	683	701	1024	3145	3070	0.976002544
Tongas	666	632	0	632	924	2853	2770	0.970791671
Probolinggo Barat	739	701	685	0	1025	3150	3075	0.976092061
Probolinggo Timur	805	764	746	765	0	3080	3351	1.087899352
d	2947	2770	2770	2770	3956			
D	2947	2770	2770	2770	3956			
fd	1	1	1	1	1			

Iterasi 19

	Pasuruan	Grati	Tongas	Probolinggo Barat	Probolinggo Timur	o O fo		
Pasuruan	0	657	641	657	993	2947	2947	1
Grati	714	0	659	676	1022	3070	3070	1
Tongas	641	606	0	606	917	2770	2770	1
Probolinggo Barat	715	676	660	0	1024	3075	3075	1
Probolinggo Timur	878	831	811	831	0	3351	3351	1
d	2947	2770	2770	2770	3956			
D	2947	2770	2770	2770	3956			
fd	1	1	1	1	1			

Iterasi Furness All or Nothing Kendaraan Golongan II

Iterasi 0

	Pasuruan	Grati	Tongas	Probolinggo Barat	Probolinggo Timur
Pasuruan	0	1	1	1	1
Grati	1	0	1	1	1
Tongas	1	1	0	1	1
Probolinggo Barat	1	1	1	0	1
Probolinggo Timur	1	1	1	1	0

d 4 4 4 4 4

D 53 2000 2000 2000 1915

fd 13.24541533 500 500 500 478.75

O fo
53 13.24541533
2093 523.25
2100 525
2100 525
1622 405.5

Iterasi 1

	Pasuruan	Grati	Tongas	Probolinggo Barat	Probolinggo Timur	o	O	fo
Pasuruan	0	13	13	13	13	53	53	1
Grati	523	0	523	523	523	2093	2093	1
Tongas	525	525	0	525	525	2100	2100	1
Probolinggo Barat	525	525	525	0	525	2100	2100	1
Probolinggo Timur	406	406	406	406	0	1622	1622	1
d	1979	1469	1467	1467	1586			
D	53	2000	2000	2000	1915			
fd	0.026775318	1.361706378	1.363330777	1.363330777	1.207063053			

Iterasi 2

	Pasuruan	Grati	Tongas	Probolinggo Barat	Probolinggo Timur	o O fo		
Pasuruan	0	18	18	18	16	70	53	0.755368167
Grati	14	0	713	713	632	2072	2093	1.009973507
Tongas	14	715	0	716	634	2078	2100	1.010387918
Probolinggo Barat	14	715	716	0	634	2078	2100	1.010387918
Probolinggo Timur	11	552	553	553	0	1669	1622	0.972019625
d	53	2000	2000	2000	1915			
D	53	2000	2000	2000	1915			
fd	1	1	1	1	1			

Iterasi 17

	Pasuruan	Grati	Tongas	Probolinggo Barat	Probolinggo Timur	o	O	fo
Pasuruan	0	14	14	14	12	53	53	1
Grati	14	0	723	723	633	2093	2093	1
Tongas	14	725	0	726	635	2100	2100	1
Probolinggo Barat	14	725	726	0	635	2100	2100	1
Probolinggo Timur	10	537	537	537	0	1622	1622	1
d	53	2000	2000	2000	1915			
D	53	2000	2000	2000	1915			
fd	1	1	1	1	1			

Iterasi Furness All or Nothing Kendaraan Golongan III

Iterasi 0

	Pasuruan	Grati	Tongas	Probolinggo Barat	Probolinggo Timur	o	O	fo
Pasuruan	0	1	1	1	1	4	12	3.040649152
Grati	1	0	1	1	1	4	530	132.5
Tongas	1	1	0	1	1	4	530	132.5
Probolinggo Barat	1	1	1	0	1	4	523	130.75
Probolinggo Timur	1	1	1	1	0	4	464	116
d	4	4	4	4	4			
D	12	500	500	500	547			
fd	3.040649152	125	125	125	136.75			

Iterasi 1

	Pasuruan	Grati	Tongas	Probolinggo Barat	Probolinggo Timur	o	O	fo
Pasuruan	0	3	3	3	3	12	12	1
Grati	133	0	133	133	133	530	530	1
Tongas	133	133	0	133	133	530	530	1
Probolinggo Barat	131	131	131	0	131	523	523	1
Probolinggo Timur	116	116	116	116	0	464	464	1
d	512	382	382	384	399			
D	12	500	500	500	547			
fd	0.023766676	1.307905389	1.307905389	1.301945513	1.371647006			

Iterasi 2

	Pasuruan	Grati	Tongas	Probolinggo Barat	Probolinggo Timur	o	O	fo
Pasuruan	0	4	4	4	4	16	12	0.756228969
Grati	3	0	173	173	182	531	530	0.998685584
Tongas	3	173	0	173	182	531	530	0.998685584
Probolinggo Barat	3	171	171	0	179	524	523	0.997201737
Probolinggo Timur	3	152	152	151	0	457	464	1.014836152
d	12	500	500	500	547			
D	12	500	500	500	547			
fd	1	1	1	1	1			

Iterasi 18

	Pasuruan	Grati	Tongas	Probolinggo Barat	Probolinggo Timur	o	O	fo
Pasuruan	0	3	3	3	3	12	12	1
Grati	3	0	173	172	182	530	530	1
Tongas	3	173	0	172	182	530	530	1
Probolinggo Barat	3	170	170	0	179	523	523	1
Probolinggo Timur	3	154	154	153	0	464	464	1
d	12	500	500	500	547			
D	12	500	500	500	547			
fd	1	1	1	1	1			

Iterasi Furness All or Nothing Kendaraan Golongan IV

Iterasi 0

	Pasuruan	Grati	Tongas	Probolinggo Barat	Probolinggo Timur	O	fo
Pasuruan	0	1	1	1	1	4	28
Grati	1	0	1	1	1	4	6.987322303
Tongas	1	1	0	1	1	4	420
Probolinggo Barat	1	1	1	0	1	4	105
Probolinggo Timur	1	1	1	1	0	4	420
d	4	4	4	4	4	4	106
D	28	400	400	400	414		350
fd	6.987322303	100	100	100	103.5		87.5

Iterasi 1

	Pasuruan	Grati	Tongas	Probolinggo Barat	Probolinggo Timur	o O fo		
Pasuruan	0	7	7	7	7	28	28	1
Grati	105	0	105	105	105	420	420	1
Tongas	105	105	0	105	105	420	420	1
Probolinggo Barat	106	106	106	0	106	424	424	1
Probolinggo Timur	88	88	88	88	0	350	350	1
d	404	305	305	304	323			
D	28	400	400	400	414			
fd	0.069267136	1.309383306	1.309383306	1.313683594	1.281784056			

Iterasi 2

	Pasuruan	Grati	Tongas	Probolinggo Barat	Probolinggo Timur	o O fo		
Pasuruan	0	9	9	9	9	36	28	0.767130857
Grati	7	0	137	138	135	417	420	1.006512617
Tongas	7	137	0	138	135	417	420	1.006512617
Probolinggo Barat	7	139	139	0	136	421	424	1.007602917
Probolinggo Timur	6	115	115	115	0	350	350	0.999570849
d	28	400	400	400	414			
D	28	400	400	400	414			
fd	1	1	1	1	1			

Iterasi 16

	Pasuruan	Grati	Tongas	Probolinggo Barat	Probolinggo Timur	o	O	fo
Pasuruan	0	7	7	7	7	28	28	1
Grati	7	0	138	139	135	420	420	1
Tongas	7	138	0	139	135	420	420	1
Probolinggo Barat	7	140	140	0	137	424	424	1
Probolinggo Timur	6	115	115	115	0	350	350	1
d	28	400	400	400	414			
D	28	400	400	400	414			
fd	1	1	1	1	1			

Iterasi Furness All or Nothing Kendaraan Golongan V

Iterasi 0

	Pasuruan	Grati	Tongas	Probolinggo Barat	Probolinggo Timur	o	O	fo
Pasuruan	0	1	1	1	1	4	1	0.338520989
Grati	1	0	1	1	1	4	190	47.5
Tongas	1	1	0	1	1	4	190	47.5
Probolinggo Barat	1	1	1	0	1	4	187	46.75
Probolinggo Timur	1	1	1	1	0	4	155	38.75
d	4	4	4	4	4			
D	1	180	180	180	182			
fd	0.338520989	45	45	45	45.5			

Iterasi 1

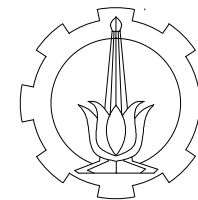
	Pasuruan	Grati	Tongas	Probolinggo Barat	Probolinggo Timur	o	O	fo
Pasuruan	0	0	0	0	0	1	1	1
Grati	48	0	48	48	48	190	190	1
Tongas	48	48	0	48	48	190	190	1
Probolinggo Barat	47	47	47	0	47	187	187	1
Probolinggo Timur	39	39	39	39	0	155	155	1
d	181	133	133	134	142			
D	1	180	180	180	182			
fd	0.00750185	1.349947477	1.349947477	1.342396789	1.280891649			

Iterasi 2

	Pasuruan	Grati	Tongas	Probolinggo Barat	Probolinggo Timur			
Pasuruan	0	0	0	0	0	2	1	0.751430057
Grati	0	0	64	64	61	189	190	1.00483886
Tongas	0	64	0	64	61	189	190	1.00483886
Probolinggo Barat	0	63	63	0	60	186	187	1.002936484
Probolinggo Timur	0	52	52	52	0	157	155	0.987704659
d	1	180	180	180	182			
D	1	180	180	180	182			
fd	1	1	1	1	1			

Iterasi 17

	Pasuruan	Grati	Tongas	Probolinggo Barat	Probolinggo Timur	o	O	fo
Pasuruan	0	0	0	0	0	1	1	1
Grati	0	0	65	64	61	190	190	1
Tongas	0	65	0	64	61	190	190	1
Probolinggo Barat	0	63	63	0	60	187	187	1
Probolinggo Timur	0	52	52	51	0	155	155	1
d	1	180	180	180	182			
D	1	180	180	180	182			
fd	1	1	1	1	1			



TEKNIK SIPIL
FAKULTAS TEKNIK SIPIL DAN PERENCANAAN
INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER

TUGAS AKHIR

PERENCANAAN GERBANG TOL
PASURUAN-PROBOLINGGO

DOSEN ASISTENSI

Cahya Buana ST., MT
In.Hera Widyastuti MT., PhD

NAMA MAHASISWA

PANDU HERMAWAN
(3113100009)

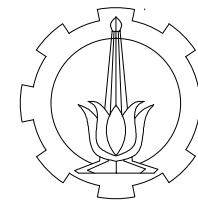
NAMA GAMBAR

GERBANG TOL GRATI 2017

NOMOR
HALAMAN



NAMA	JENIS GARDU	ARAH
A	Gardu Tol Konvensional	Keluar
B	Gardu Tol Otomatis	Keluar
C	Gardu Tol Konvensional	Keluar
D	Gardu Tol Konvensional	Masuk
E	Gardu Tol Otomatis	Masuk
F	Gardu Tol Konvensional	Masuk



TEKNIK SIPIL
FAKULTAS TEKNIK SIPIL DAN PERENCANAAN
INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER

TUGAS AKHIR

PERENCANAAN GERBANG TOL
PASURUAN-PROBOLINGGO

DOSEN ASISTENSI

Cahya Buana ST., MT
In.Hera Widyastuti MT., PhD

NAMA MAHASISWA

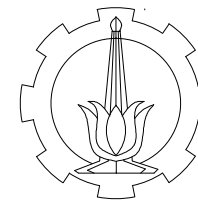
PANDU HERMAWAN
(3113100009)

NAMA GAMBAR

GERBANG TOL TONGAS 2017

NOMOR
HALAMAN

NAMA	JENIS GARDU	ARAH
A	Gardu Tol Konvensional	Keluar
B	Gardu Tol Otomatis	Keluar
C	Gardu Tol Konvensional	Keluar
D	Gardu Tol Konvensional	Masuk
E	Gardu Tol Otomatis	Masuk
F	Gardu Tol Konvensional	Masuk



TEKNIK SIPIL
FAKULTAS TEKNIK SIPIL DAN PERENCANAAN
INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER

TUGAS AKHIR

PERENCANAAN GERBANG TOL
PASURUAN-PROBOLINGGO

DOSEN ASISTENSI

Cahya Buana ST., MT
In.Hera Widyastuti MT., PhD

NAMA MAHASISWA

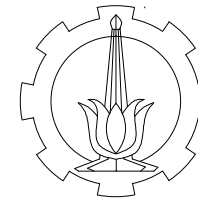
PANDU HERMAWAN
(3113100009)

NAMA GAMBAR

GERBANG TOL PROBOLINGGO
BARAT 2017

NOMOR
HALAMAN

NAMA	JENIS GARDU	ARAH
A	Gardu Tol Konvensional	Masuk
B	Gardu Tol Otomatis	Masuk
C	Gardu Tol Konvensional	Masuk
D	Gardu Tol Konvensional	Keluar
E	Gardu Tol Otomatis	Keluar
F	Gardu Tol Konvensional	Keluar



TEKNIK SIPIL
FAKULTAS TEKNIK SIPIL DAN PERENCANAAN
INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER

TUGAS AKHIR

PERENCANAAN GERBANG TOL
PASURUAN-PROBOLINGGO

DOSEN ASISTENSI

Cahya Buana ST., MT
In.Hera Widyastuti MT., PhD

NAMA MAHASISWA

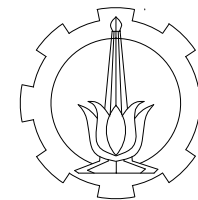
PANDU HERMAWAN
(3113100009)

NAMA GAMBAR

GERBANG TOL PROBOLINGGO
TIMUR 2017

NOMOR
HALAMAN

NAMA	JENIS GARDU	ARAH
A	Gardu Tol Konvensional	Masuk
B	Gardu Tol Otomatis	Masuk
C	Gardu Tol Konvensional	Keluar
D	Gardu Tol Konvensional	Keluar
E	Gardu Tol Otomatis	Keluar
F	Gardu Tol Konvensional	Keluar



TEKNIK SIPIL
FAKULTAS TEKNIK SIPIL DAN PERENCANAAN
INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER

TUGAS AKHIR

PERENCANAAN GERBANG TOL
PASURUAN-PROBOLINGGO

DOSEN ASISTENSI

Cahya Buana ST., MT
Ir.Hera Widyastuti MT., PhD

NAMA MAHASISWA

PANDU HERMAWAN
(3113100009)

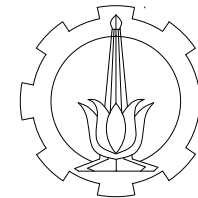
NAMA GAMBAR

GERBANG TOL GRATI 2032

NOMOR
HALAMAN



NAMA	JENIS GARDU	ARAH
A	Gardu Tol Otomatis dan <i>On Board Unit</i>	Keluar
B	Gardu Tol Otomatis dan <i>On Board Unit</i>	Keluar
C	Gardu Tol Otomatis dan <i>On Board Unit</i>	Keluar
D	Gardu Tol Otomatis dan <i>On Board Unit</i>	Masuk
E	Gardu Tol Otomatis dan <i>On Board Unit</i>	Masuk
F	Gardu Tol Otomatis dan <i>On Board Unit</i>	Masuk



TEKNIK SIPIL
FAKULTAS TEKNIK SIPIL DAN PERENCANAAN
INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER

TUGAS AKHIR

PERENCANAAN GERBANG TOL
PASURUAN-PROBOLINGGO

DOSEN ASISTENSI

Cahya Buana ST., MT
In.Hera Widyastuti MT., PhD

NAMA MAHASISWA

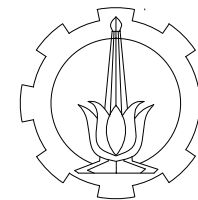
PANDU HERMAWAN
(3113100009)

NAMA GAMBAR

GERBANG TOL TONGAS 2032

NOMOR
HALAMAN

NAMA	JENIS GARDU	ARAH
A	Gardu Tol Otomatis dan <i>On Board Unit</i>	Keluar
B	Gardu Tol Otomatis dan <i>On Board Unit</i>	Keluar
C	Gardu Tol Otomatis dan <i>On Board Unit</i>	Keluar
D	Gardu Tol Otomatis dan <i>On Board Unit</i>	Masuk
E	Gardu Tol Otomatis dan <i>On Board Unit</i>	Masuk
F	Gardu Tol Otomatis dan <i>On Board Unit</i>	Masuk



TEKNIK SIPIL
FAKULTAS TEKNIK SIPIL DAN PERENCANAAN
INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER

TUGAS AKHIR

PERENCANAAN GERBANG TOL
PASURUAN-PROBOLINGGO

DOSEN ASISTENSI

Cahya Buana ST., MT
Ir.Hera Widyastuti MT., PhD

NAMA MAHASISWA

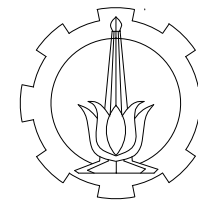
PANDU HERMAWAN
(3113100009)

NAMA GAMBAR

GERBANG TOL PROBOLINGGO
BARAT 2032

NOMOR
HALAMAN

NAMA	JENIS GARDU	ARAH
A	Gardu Tol Otomatis dan <i>On Board Unit</i>	Keluar
B	Gardu Tol Otomatis dan <i>On Board Unit</i>	Keluar
C	Gardu Tol Otomatis dan <i>On Board Unit</i>	Keluar
D	Gardu Tol Otomatis dan <i>On Board Unit</i>	Masuk
E	Gardu Tol Otomatis dan <i>On Board Unit</i>	Masuk
F	Gardu Tol Otomatis dan <i>On Board Unit</i>	Masuk



TEKNIK SIPIL
FAKULTAS TEKNIK SIPIL DAN PERENCANAAN
INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER

TUGAS AKHIR

PERENCANAAN GERBANG TOL
PASURUAN-PROBOLINGGO

DOSEN ASISTENSI

Cahya Buana ST., MT
Ir.Hera Widyastuti MT., PhD

NAMA MAHASISWA

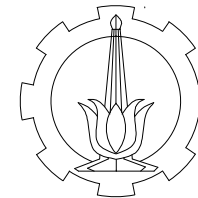
PANDU HERMAWAN
(3113100009)

NAMA GAMBAR

GERBANG TOL PROBOLINGGO
TIMUR 2032

NOMOR
HALAMAN

NAMA	JENIS GARDU	ARAH
A	Gardu Tol Otomatis dan <i>On Board Unit</i>	Masuk
B	Gardu Tol Otomatis dan <i>On Board Unit</i>	Masuk
C	Gardu Tol Otomatis dan <i>On Board Unit</i>	Masuk
D	Gardu Tol Otomatis dan <i>On Board Unit</i>	Keluar
E	Gardu Tol Otomatis dan <i>On Board Unit</i>	Keluar
F	Gardu Tol Otomatis dan <i>On Board Unit</i>	Keluar



TEKNIK SIPIL
FAKULTAS TEKNIK SIPIL DAN PERENCANAAN
INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER

TUGAS AKHIR

PERENCANAAN GERBANG TOL
PASURUAN-PROBOLINGGO

DOSEN ASISTENSI

Cahya Buana ST., MT
In.Hera Widyastuti MT., PhD

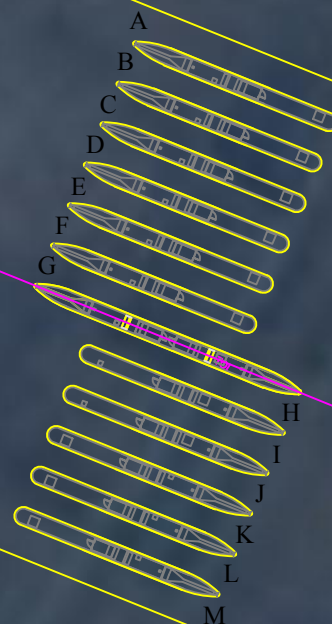
NAMA MAHASISWA

PANDU HERMAWAN
(3113100009)

NAMA GAMBAR

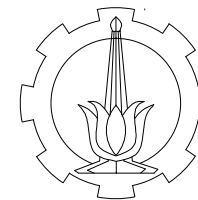
GERBANG TOL GRATI 2047

NOMOR
HALAMAN



NAMA	JENIS GARDU	ARAH
A	Gardu Tol Otomatis	Keluar
B	Gardu Tol Otomatis	Keluar
C	Gardu Tol <i>On Board Unit</i>	Keluar
D	Gardu Tol <i>On Board Unit</i>	Keluar
E	Gardu Tol Otomatis	Keluar
F	Gardu Tol Otomatis	Keluar
G	Gardu Tol Otomatis	Keluar

NAMA	JENIS GARDU	ARAH
H	Gardu Tol Otomatis	Masuk
I	Gardu Tol Otomatis	Masuk
J	Gardu Tol <i>On Board Unit</i>	Masuk
K	Gardu Tol <i>On Board Unit</i>	Masuk
L	Gardu Tol Otomatis	Masuk
M	Gardu Tol Otomatis	Masuk



TEKNIK SIPIL
FAKULTAS TEKNIK SIPIL DAN PERENCANAAN
INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER

TUGAS AKHIR

PERENCANAAN GERBANG TOL
PASURUAN-PROBOLINGGO

DOSEN ASISTENSI

Cahya Buana ST., MT
In.Hera Widyastuti MT., PhD

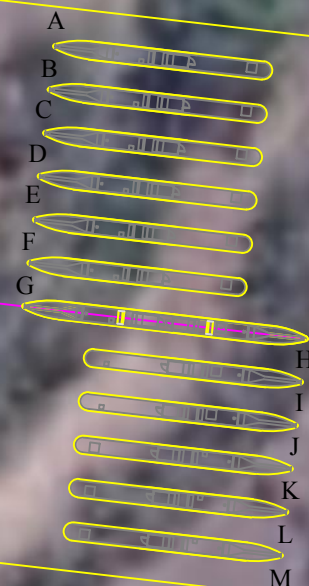
NAMA MAHASISWA

PANDU HERMAWAN
(3113100009)

NAMA GAMBAR

GERBANG TOL TONGAS 2047

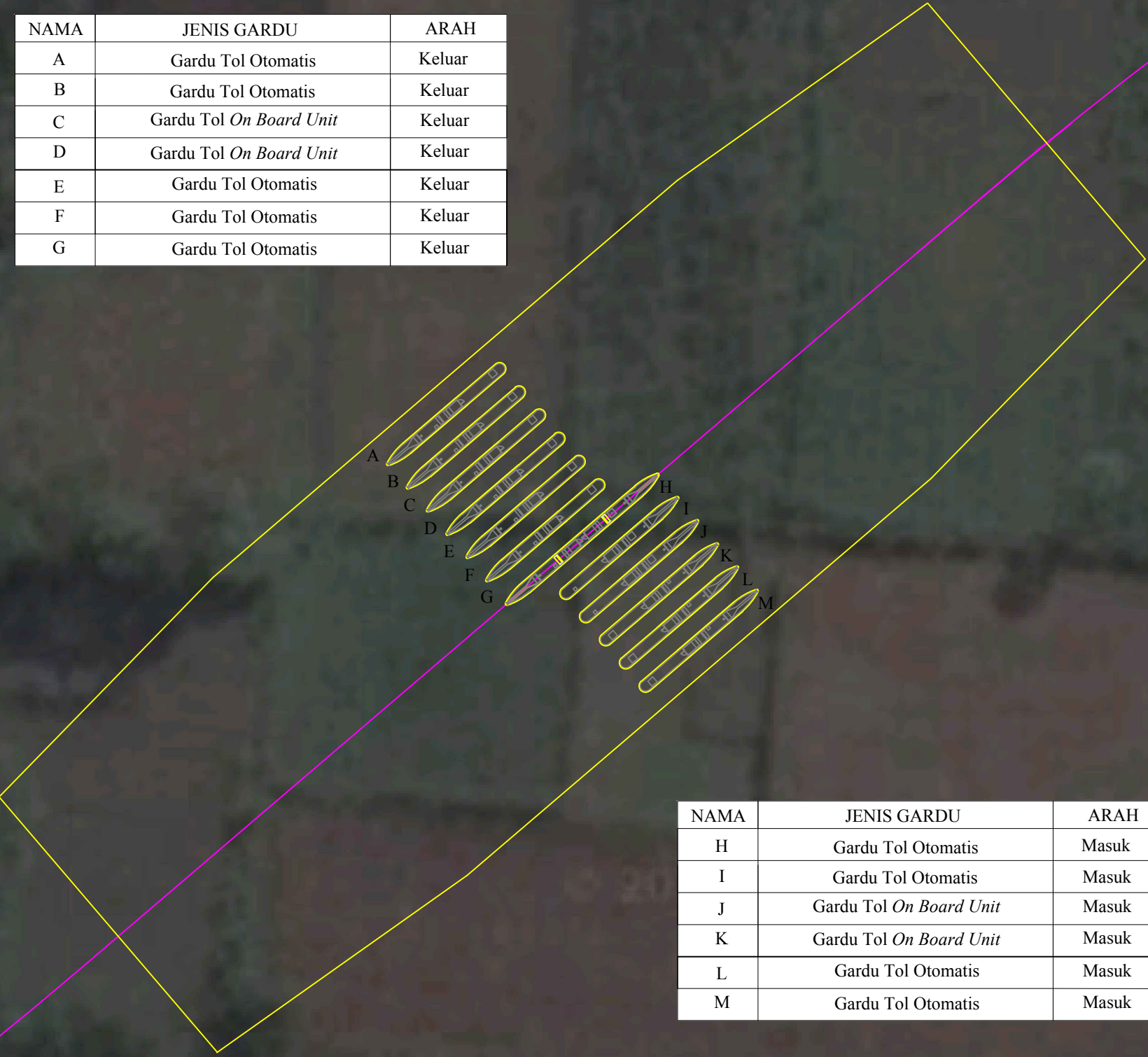
NOMOR
HALAMAN



NAMA	JENIS GARDU	ARAH
A	Gardu Tol Otomatis	Keluar
B	Gardu Tol Otomatis	Keluar
C	Gardu Tol <i>On Board Unit</i>	Keluar
D	Gardu Tol <i>On Board Unit</i>	Keluar
E	Gardu Tol Otomatis	Keluar
F	Gardu Tol Otomatis	Keluar
G	Gardu Tol Otomatis	Keluar

NAMA	JENIS GARDU	ARAH
H	Gardu Tol Otomatis	Masuk
I	Gardu Tol Otomatis	Masuk
J	Gardu Tol <i>On Board Unit</i>	Masuk
K	Gardu Tol <i>On Board Unit</i>	Masuk
L	Gardu Tol Otomatis	Masuk
M	Gardu Tol Otomatis	Masuk

NAMA	JENIS GARDU	ARAH
A	Gardu Tol Otomatis	Keluar
B	Gardu Tol Otomatis	Keluar
C	Gardu Tol <i>On Board Unit</i>	Keluar
D	Gardu Tol <i>On Board Unit</i>	Keluar
E	Gardu Tol Otomatis	Keluar
F	Gardu Tol Otomatis	Keluar
G	Gardu Tol Otomatis	Keluar



NAMA	JENIS GARDU	ARAH
H	Gardu Tol Otomatis	Masuk
I	Gardu Tol Otomatis	Masuk
J	Gardu Tol <i>On Board Unit</i>	Masuk
K	Gardu Tol <i>On Board Unit</i>	Masuk
L	Gardu Tol Otomatis	Masuk
M	Gardu Tol Otomatis	Masuk



TEKNIK SIPIL
FAKULTAS TEKNIK SIPIL DAN PERENCANAAN
INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER

TUGAS AKHIR

PERENCANAAN GERBANG TOL
PASURUAN-PROBOLINGGO

Dosen Asistensi

Cahya Buana ST., MT
In.Hera Widyastuti MT., PhD

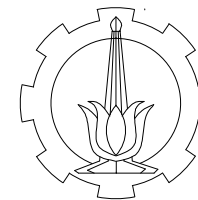
NAMA MAHASISWA

PANDU HERMAWAN
(3113100009)

NAMA GAMBAR

GERBANG TOL PROBOLINGGO
BARAT 2047

NOMOR
HALAMAN



TEKNIK SIPIL
FAKULTAS TEKNIK SIPIL DAN PERENCANAAN
INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER

TUGAS AKHIR

PERENCANAAN GERBANG TOL
PASURUAN-PROBOLINGGO

DOSEN ASISTENSI

Cahya Buana ST., MT
In.Hera Widyastuti MT., PhD

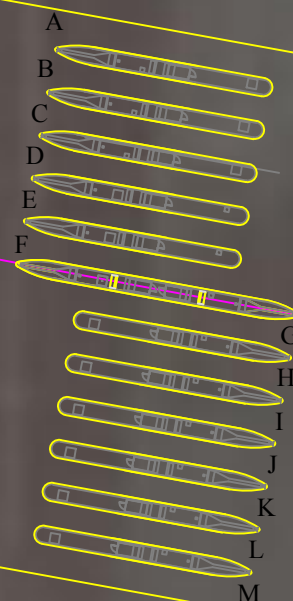
NAMA MAHASISWA

PANDU HERMAWAN
(3113100009)

NAMA GAMBAR

GERBANG TOL PROBOLINGGO
TIMUR 2047

NOMOR
HALAMAN



NAMA	JENIS GARDU	ARAH
A	Gardu Tol Otomatis	Masuk
B	Gardu Tol Otomatis	Masuk
C	Gardu Tol <i>On Board Unit</i>	Masuk
D	Gardu Tol <i>On Board Unit</i>	Masuk
E	Gardu Tol Otomatis	Masuk
F	Gardu Tol Otomatis	Masuk

NAMA	JENIS GARDU	ARAH
G	Gardu Tol Otomatis	Keluar
H	Gardu Tol Otomatis	Keluar
I	Gardu Tol <i>On Board Unit</i>	Keluar
J	Gardu Tol <i>On Board Unit</i>	Keluar
K	Gardu Tol Otomatis	Keluar
L	Gardu Tol Otomatis	Keluar
M	Gardu Tol Otomatis	Keluar

BIODATA PENULIS



Pandu Hermawan,
Penulis dilahirkan di Bangkinang, tanggal 13 Agustus 1995, merupakan anak pertama dari tiga bersaudara. Penulis telah menempuh Pendidikan formal, yaitu TK Pembina Bangkinang, SD Negeri 011 Langgini, SMP Negeri 1 Bangkinang, dan SMA Negeri Plus Propinsi Riau. Setelah lulus dari SMA Negeri Plus Propinsi Riau pada tahun 2013, penulis diterima di Jurusan

Teknik Sipil FTSP ITS melalui jalur SNMPTN, terdaftar dengan NRP 31 13 100 009. Di jurusan Teknik Sipil penulis mengambil bidang studi Perhubungan. Penulis aktif dalam berbagai kepanitiaan di berbagai kegiatan yang ada selama menjadi mahasiswa. Selain itu penulis juga aktif dalam organisasi himpunan mahasiswa jurusan. Penulis pernah menjabat sebagai Staff Ahli Departemen Dalam Negeri HMS FTSP ITS periode 2015-2016.

e-mail : mawan.pandu@gmail.com